BIBLIOTECA DE FILOZOFIE ȘI SOCIOLOGIE

Victor Săhleanu

ȘTIINȚA ȘI FILOZOFIA INFORMAȚIEI

Introducere

Lucrarea de față nu este o expunere sistematică a apariției, a dezvoltării, a ecourilor și a influențelor pe care le-a avut „teoria matematică a comunicației" (Shannon, 1948); și nici a variatelor rezonanțe multidisciplinare ale ciberneticii lui N. Wiener (1948), curent de gîndire care a pus în centrul considerațiilor sale comunicația între sisteme și înăuntrul acestora. Lucrarea își propune să urmărească diferitele ipostaze sub care își face loc, în cele mai variate domenii ale teoriei și practicii, conceptul de *informație*. Acesta tinde să devină un concept fundamental al științei și civilizației contemporane.

Lucrarea noastră poate fi considerată în primul rînd ca o lucrare de scientică („știința despre știință"), dar și o lucrare de istoria științei (în măsura în care se poate vorbi de istoriografie, cînd facem o expunere despre contemporaneitate). Ea este și o carte de filozofie, întrucît are incidențe metodologice, ontologice, antropologice și gnoseologice. Folosind adecvat conceptul de informație, se poate obține o perspectivă mai diferențiată asupra realității, atît asupra aceleia naturale, cît și asupra realității sociale.

Conceptul de „informație" a avut un destin analog cu cel al altor cuvinte vechi ajunse la un moment dat

de largă circulație și popularitate, adoptate apoi într-un sens restrîns de oamenii de știință ai unei specialități determinate, „revărsate" din nou pe canalele științifice către marele public. Într-o asemenea evoluție găsim mai întîi o îndepărtare de la sensul etimologic, prin utilizare și uzare (uneori este o „demonetizare"). Etimologic, *informație* „înglobează" *formă;* este înrudit cu *inform* și cu *deformație.* Cuvîntul de largă circulație are un sens limitat, deși vag : se referă la „ceva" din sfera umană (antropocentrism), la comunicație, la „știre" sau la „veste" (așadar psihologie, semantică, act cognitiv, eventual deci gnoseologie).

Spunem : „te informez", uitînd că o bună parte din *formația* (de exemplu, intelectuală) a fiecăruia dintre noi se datorește *informațiilor* primite în prealabil în cursul educației, școlarizării, contactului cu viața, lecturilor etc. O extensie pe această linie va duce, desigur, la o teorie a memoriei, a deciziilor, a comportamentului; pe de altă parte, la o metodologie a cercetării realității, la o epistemologie chiar, la probleme de resortul pedagogiei etc.

Matematicianul care a elaborat teoria informației a fost însă inginer de telecomunicații. Transmisia economică și sigură a fost, pentru el, problemă-cheie. Mesajele, firește, au fost mesaje umane, lingvistice. Însă odată intrate în dispozitivele tehnice, ele sînt secvențe de semnale. O multitudine de semnale înseamnă statistică, iar statistica matematică înseamnă și probabilitate. Informația trebuia măsurată pe aspectele sale de interes tehnic. Poate că ele nu erau cele *esențiale* din punct de vedere uman sau chiar din punct de vedere ontologic. Dar cu ele s-a putut (și se poate) opera. Succesele au fost atît concrete cît și abstracte. *Abstracte* — căci teoria informației a devenit una dintre cele mai „frumoase" teorii matematice contemporane. Printr-un *choc-à-retour* (ciberneticianul ar zice : printr-un *feed-back*) teoria informației a influențat statistica matematică (am zice chiar : *epistemologia statistică*) și tinde să refundamenteze teoria probabilităților (așezînd „informația" la rangul de concept primar). Despre ce fel de „informație" este

vorba ? Despre informația pe care o „avem" sau nu o „avem" cu *privire la ceva,* despre ceea ce *ne* abolește (parțial sau total) o nedeterminare, o incertitudine. Planul cunoașterii umane nu este abandonat. Și ar putea să pară ciudat că, menținînd „omul ca măsură a tuturor lucrurilor", teoria informației a putut fi ocazia de a rescrie, mai elegant, termodinamica statistică (deci o știință despre realitatea obiectivă, mai ales despre cea extra-umană) sau de a demonstra celebra „teoremă H" a lui Boltzmann.

Informația ca măsură a nedeterminării logice sau *subiective,* informația „probabilizată" : iată ce au oferit inițial matematicienii unei lumi în care *informațiile* joacă un rol tot mai mare în viața individuală și socială și în care științele naturii (ca și filozofia) erau în căutarea unor noi concepte fundamentale. Împrumuturile pe care le-au făcut oamenii de știință din această „teorie a informației" au fost cîteodată corecte, alteori ilicite, abuzive — și aproape întotdeauna fecunde. *Calculul informației* s-a dovedit util chiar în situații pentru care aplicații ale *teoriei matematice a informației* nu își găseau îndreptățirea. Matematicienii au protestat împotriva folosirii termenului de „informație" în alt sens decît cel cu care se obișnuiseră specialiștii probabiliști. Uitînd însă că, preluînd termenul, matematicienii au făcut și *altceva* decît să-l curețe de zgură și să-l precizeze : i-au sărăcit totodată conținutul. Prin *informație* s-a ajuns să se înțeleagă ceea ce poate fi măsurat după formulele lui Hartley și Shannon. Destinul termenului are, cum spuneam, precedente. Probabilitatea „a devenit" și ea un *număr subunitar.* Modești, fizicienii nu s-au gîndit să monopolizeze termenul *atracție* pentru atracția gravitațională („universală", spunea Newton, fără a înțelege prin aceasta că *orice* atracție este un caz particular al gravitației). Și după Darwin se poate vorbi despre *evoluție* fără să avem în minte, neapărat, filogeneza speciilor. Totuși, termenul „informație", intrat pe mîna inginerilor, a avut și alt destin, divergent (și nu paralel !), chiar contradictoriu. Purtată de semnale fizice, „informația" este și „obiectivă", întrucît ea

acționează extracognitiv, în mașinile cibernetice, de exemplu. Dar omul, animalele, plantele nu sînt oare sisteme cibernetice în care acționează semnale? Aci se pune accentul pe eficacitate, nu pe *reflectare*. Semnalele pot fi comenzi. Nu este ispititor să vedem în interacțiunea „obiect-subiect" numai un caz particular al interacțiunii dintre sisteme materiale? „Dezantropomorfizăm" conceptul, îl „cufundăm" în fizică și în teoria sistemelor... S-ar putea ca la capătul acestui drum să găsim un punct de vedere nou, un punct de plecare nou pentru o *altă* teorie matematică a informației.

În lucrarea de față am căutat să apărăm dreptul la viață al teoretizărilor nematematizate, „neteorematizate". De aceea deosebim *calculul* informației (problemă de gîndire și de estimație cantitativă) de *Teoria matematică a informației* (aci majuscula vrea să arate că ne referim la o *anumită* teorie, ca la o *anumită* persoană: la teoria „clasică" a lui Shannon). Deosebim orice teorie *matematică* a informației de *teoria generală a informației*, la care încercăm să aducem o contribuție în paginile care urmează. O asemenea teorie este *și* știință *și* metaștiință. Ea se referă, în orice caz, la realitate: este, între altele, o ontologie. Sau, mai curînd, ea poate fi un prilej de restructurare a ontologiilor existente.

Care dintre cele două puncte de vedere — cel „clasic", antropocentric și probabilist, sau cel „eretic", fizicalist, pragmatic sau chiar ontologic — are mai mari perspective de dezvoltare? Primul are atuul a două decenii de cercetare amplă, închegată, riguroasă. Dar îndreptățire are punctul de vedere care se dovedește a fi mai cuprinzător — chiar dacă elaborarea *matematică* a acestuia întîmpină dificultăți. O dată ce admitem că în *realitate* găsim o triadă (substanță, energie, informație) și că înțelegerea realității cere o metodologie corespunzătoare *diferențiată* (o triadă metodologică), nu avem nici un motiv să ne limităm instrumentele de cercetare la cele deductive și cantitative. Știința informației, ca și știința substanței sau ca și știința energiei, este observațională, experimentală

și teoretică; o parte a teoriei generale (sau a teoriilor speciale) din „informatologie" [1] este teoria matematică a informației (de astă dată scrisă cu *t* mic, deși este *prin definiție* mai amplă decît teoria lui Shannon: așa după cum *omenire* se scrie cu minusculă, iar *Petru* sau *Pavel* se scriu cu literă mare).

★

Metoda folosită de noi în lucrarea de față este, în primul rînd, o metodă *comparativă*. Ceea ce încercăm nu este însă numai o „anatomie comparată" a ideilor, pentru că ea cuprinde și un studiu al „embriologiei" acestor idei — studiu care justifică, de altfel, afirmația noastră după care lucrarea este și o contribuție în domeniul *istoriei*. Metoda a fost utilizată aci din mai multe motive. Confruntarea sensurilor în care este întrebuințat cuvîntul „informație" în mai multe științe ne poate ajuta să desprindem semnificația *implicită*, generală a conceptului corespunzător. Comparațiile și paralelele pe care le prezentăm sînt, deocamdată, singurul mijloc pe care-l avem la dispoziție pentru a evita sau a corecta perspectivele unilaterale. Un examen comparativ mai poate fi util ca o bază (euristică!) pentru transferul eventual de concepte și de rezultate dintr-o știință într-alta. În felul acesta, drumul deschis prin *aplicațiile succesive* sau simultane ale unui punct de vedere și a unor metode este completat printr-o interacțiune între științe, la alt nivel. Compararea succeselor, ca și a dificultăților întîmpinate în deosebite sectoare ale științei și tehnicii poate da de gîndit atît metodologilor, cît și „ontologilor". În urma unei asemenea analize se poate

[1] Cuvîntul „informatică" ar fi potrivit (prin analogie cu energetică, semiotică, lingvistică, scientică, genetică etc.), dar el a fost introdus pentru un sector strict: termenul este o „condensare" din *informație* și *automatică;* este „tratamentul" automat al informațiilor. Autorul a încercat să-l folosească într-un sens mai larg *(informatică biologică)*, dar tentativa sa a rămas fără urmări, fără ecouri și fără reluare (V. Săhleanu. *Ramurile moderne ale biologiei*, în „Știință și tehnică", 1966, an. 18, nr. 6, p. 14 și urm.).

reconsidera gradul de adecvare al limbajului întrebuințat și gradul de semnificație al modelelor *clasice*, cărora li s-a acordat o poziție centrală.

Modelul „clasic" al legăturii informaționale este limba. Explicația acestui fapt este triplă. Teoria informației a apărut în legătură cu necesități tehnice de transmitere a mesajelor propriu-zise, *stricto-sensu* (explicație istorică). Limba este, apoi, forma de comunicație unanim cunoscută (explicație bazată pe caracterul intuitiv al limbii). Limba este, în sfîrșit, comunicarea informațională prin excelență, cea mai *pur* informațională și cea mai evoluată (motivație bazată pe un criteriu „ontologic"). Însă limba este un fenomen *prea uman*, comunicarea informațiilor *cognitive* este un caz prea special în cosmosul natural și în cosmosul tehnic, pentru ca acest model să satisfacă toate necesitățile studierii comunicației prin semnale. Aspectele semantice (complicate uneori — în plus — de considerații privind valoarea de *adevăr* a informațiilor) introduc parametri care deocamdată nu pot fi studiați riguros, *plecînd de la noțiunea de informație*. Dificultățile pe care le întîlnim (încă) în trecerea de la cibernetica sistemelor materiale la procesele cognitive ale omului (sau ale omenirii în practica sa social-istorică !) sînt deocamdată atît de mari, încît încercarea de a regăsi — printr-un demers invers — unele rezultate ale științelor naturii (ca, de exemplu, principiul creșterii entropiei termodinamice, sau distribuția statistică a lui Gauss) pornind de la conceptele „antropomorfe" ale teoriei clasice a informației ar putea alimenta unele interpretări idealiste.

Nouă ni se pare că ar putea fi căutat și alt model, în care — după cum spuneam — atenția principală să fie acordată *eficacității* semnalelor. Modelul telecomunicației radio reușește un prim pas spre „dezantropomorfizarea" conceptului de informație; cel al telecomenzii ar fi mai potrivit pentru a sublinia semnificația „praxeologică" sau pragmatică, „obiectivă" a transmiterii semnalelor. Semnalul-comandă este un model mai sugestiv decît semnalul *pur și simplu* sau

decît semnalul *reflectant*. Există speranța (nu întru totul gratuită) că, pornind de la o teorie a telecomenzii și a comportării, să se poată ajunge la o teorie a reflectării (cognitive) — oarecum analog cum, în psihologia lui Pierre Janet sau a lui Wallon, o teorie a acțiunilor a fost premisa unei teorii a dezvoltării gîndirii [2].

În căutarea unui model care să excludă pe cît se poate nu numai „imaginea" de referință umană, ci și intervenția, aprecierea, participarea „subiectivă" umană, ne vom opri ceva mai mult asupra unor procese din sfera biologiei. O teorie materialistă — în înțelesul dat de marxism acestui atribut — trebuie să ia în considerare, ca fundament sau ca model central, ceea ce are existență „obiectivă", în afara lui *percipi*, în afara conștiinței umane. De aceea putem ocoli unele greutăți ale analizei informaționale, ocupîndu-ne de ceea ce este în lumea extraumană, de ceea ce a existat înaintea apariției omului pe pămînt, de ceea ce a constituit o *premisă* funcțională, obiectivă a acestei apariții, dar care nu-și găsește *în om* semnificația funcțională, ci și-o găsește în propriile necesități de persistență și de evoluție.

★

Cibernetica a scos în relief unele însușiri comune organismelor vii și mașinilor automate. Dar în construcția acestor automate, tehnica a mers pe drumuri proprii, deseori diferite de cele ale naturii. Este fecundă însă și *imitarea* naturii, căci aceasta înseamnă folosirea unei „experiențe" de sute de milioane de ani a vieții în evoluție pe pămînt. Programul de lucru, *deliberat*, al bionicii este interesant și pentru expunerea noastră. Dispozitivul tehnic care realizează o performanță X, pe care o realizează *și* organismul viu, poate fi considerat — din punct de vedere gnoseologic, epistemologic, euristic, metodologic — un *model* substanțial (fizic,

[2] Se știe că pentru unii autori (J. B. Watson și alți „behavioriști") limbajul (vorbit sau scris, nu cel interior!) este o variantă de comportament.

tehnic) al fenomenului biologic [3]. Dar el poate avea o valoare pragmatică, nu teoretică : o valoare practică, aplicativă. În acest sens, în lucrarea noastră căutăm să sugerăm că diferitele scheme informaționale trecute în revistă au cel puțin o triplă valoare: euristică, explicativă și *aplicativă*. Arătăm condițiile pe care le cerem unei astfel de scheme, pentru ca ea să aibă mai mult decît o valoare euristică *momentană* [4].

★

Acum peste treizeci de ani, gîndindu-se la succesele abordării statistice a fenomenelor economice, demografice, biologice, termice, intraatomice, O. Onicescu scria: „Metodă în primul rînd, adaptată însă în așa măsură universului, încît ambiționează să-i pătrundă cele mai ascunse și mai complexe aspecte și să realizeze cunoașterea lui integrală..., statistica speră să dea imaginea lumii, făcînd să renască pentru omul de știință iluziile pe care le-a trăit mecanicismul veacului trecut" [5].

Comparînd perspectivele de atunci ale statisticii cu cele pe care le au științele de azi ale informației, am putea spune că ambițiile lor sînt, într-un sens (cel metodologic) încă mai cuprinzătoare : ele includ restructurarea mai riguroasă a disciplinei de bază a statisticii matematice — teoria probabilităților ; ele promit să dea o semnificație mai adîncă operațiilor statistice ; prin aplicațiile lor practice și tehnice, ele au și început să pună în altă lumină activitatea umană, să-i crească eficacitatea și eficiența, să permită datelor

[3] Despre modelare, a se vedea alte lucrări ale autorului, printre care *Metoda modelării*, în vol. *Dialectica materialistă, metodologia generală a științelor particulare*, București, Editura Academiei R.P.R., 1963, p. 362—375 ; *Despre valoarea teoretică și practică a modelelor*, în vol. *Materialismul dialectic și științele contemporane ale naturii*, vol. X, București, Editura politică, 1965, p. 399—419.

[4] Și pentru K. Steinbuch (1965), biologul vrea să înțeleagă sistemele *existente*, dar inginerul vrea să construiască sisteme *noi*.

[5] *Prefață* la N. St. Georgescu-Roegen, *Metoda statistică*, M.O., București, 1933, p.X.

statisticii descriptive valorificări nebănuite, să ervină salutar în organizarea cercetării și a practicii Așa cum vom căuta să arătăm, și valențele explic tive ale Lumii sînt foarte numeroase. Deși, deoca ată, ni se pare prudent să delimităm un „univers formațional" ca o *parte* a realității obiective, procedeele matematice elaborate de teoria informației sînt fructuoase și în domenii în afara acestui „univers". Într-un anumit sens, statistica clasică a prefigurat (parțial) *modul de abordare informațional* în amplificarea cunoașterii umane: procedeele statistice au fost procedee de *dobîndire* și de *extragere* a informației prin mijloace cantitative, în domenii complexe, unde cunoașterea cerea mijloace elaborate. Nu întîmplător prima încercare de reelaborare științifică a conceptului de informație a apărut în cadrul statisticii (Fisher). În opera lui Fisher, statistica a început să aibă pretenția justificată de a contribui la organizarea cercetării: prefigurare a cercetărilor operaționale [6]. Statistica clasică a realizat o unificare metodologică a științelor naturii cu științele umaniste și sociale, care prefigurează unificarea pe care o realizează cibernetica și teoria informației în aplicațiile lor teoretice, ca și prin utilizarea calculatoarelor de mare putere.

Dar noțiunea de „informație" este o noțiune „contactuală" [7] și, ca atare, are relații strînse cu alte noțiuni „contactuale", cum sînt cele de ordine, organizare, sistem, substanță, energie etc. Acestor relații — analizate din diferite puncte de vedere în alte lucrări ale noastre — le consacrăm cea mai mare parte a lucrării prezente. De fapt intenția noastră de bază este să conturăm — ca principal rezultat a douăzeci de ani de evoluție a teoriei informației și a ciberneticii — o

[6] Vezi V. Săhleanu. *Planificarea științifică a experimentului biologic*, în „Studii și cercetări fiziologice", 1959, vol. 4, nr. 2, p. 259—268. Vezi și *Statistică și probabilitate în biologie și medicină*, în „Revista învățămîntului superior", 1968, an. 10, nr. 9, p. 20—28.

[7] Vezi studiul nostru *Cibernetica și unele probleme filozofice ale științelor naturii și societății* în vol. *Dialectica cunoașterii științifice*, București, Editura Academiei R.P.R., 1962, p. 229 și urm.

metodologie adecvată pentru abordarea unor domenii ale realității care nu pot fi studiate deplin (și în ceea ce au ele caracteristic) cu conceptele referitoare la substanță și la energie. Ceea ce căutăm în această lucrare nu este atît expunerea proceselor și legilor particulare din „universul informațional" sau a metodelor potrivite pentru studierea unor astfel de fenomene particulare (cum sînt ereditatea, autoreglarea, memoria, vorbirea, gîndirea, eroarea etc.), cît *punctele de vedere* proprii unei abordări eficace (în specificul ei) a acestui „univers". Expunerea unor date particulare ni s-a părut necesară numai întrucît ele reprezintă modele, ilustrări, exemplificări intuitive sau convingătoare. Și, de asemenea, întrucît datele proprii ale unei specialități pot da sugestii pentru o linie nouă de cercetare în altă specialitate care vine în contact, din altă direcție, cu „universul informațional". Transferul din lingvistică înspre biologie, operat în cadrul geneticii, s-a dovedit extrem de fecund. Științele informației sînt și o cale de a face noi sinteze în știință, de a produce noi științe de graniță și de colaborare, de a constitui un nou temei de cultură generală pentru intelectualul de azi și de mîine.

În parte, acest „univers informațional" a fost un *no man's land*, iar cibernetica s-a dezvoltat atît de rapid pentru că țara își aștepta conquistadorul. Poziția matematicii a fost aceea a unui colonizator binecuvîntat. Însă anexarea întregului domeniu de cercetare la Teoria matematică a informației (așa cum a fost elaborată de Cl. Shannon) s-a dovedit a fi ilicită. Vom căuta să arătăm de ce această teorie nu reușește să dea satisfacții depline.

Cu atît mai mult, credem, este criticabilă poziția celor care admit (ca și L. Brillouin) că Teoria informației, care este o teorie *specială* foarte *generală*, este de fapt cea mai bună filozofie. Teoria informației, care poate furniza elemente utile teoriei și metateoriei științei, *nu* se poate substitui filozofiei.

★

Galilei spunea acum mai bine de trei sute de ani că „natura este o carte scrisă în limba matematicii". Parafrazînd, scriam altădată că, de la Galilei încoace, cărțile *despre natură* se scriu, din ce în ce mai mult, în limba matematicii. Lucrarea de față, deși nu este atît o carte despre natură, cît o carte despre știință, nu poate ocoli această „limbă".

În prefața unei recente monografii despre aplicații ale teoriei informației, un distins contribuitor la dezvoltarea acestei discipline cita opinia cuiva despre „rescrierea științei în limbajul de aur al teoriei (matematice) a informației" [8]. O asemenea viziune ni se pare exagerată; totuși, de pe acum se întrevede necesitatea rescrierii multor capitole din biologie, psihologie, lingvistică, ținînd seama de *conceptul* de informație. Termodinamica a și fost în mare măsură *rescrisă* în limba teoriei informației (Jaynes), iar acest lucru permite matematicienilor de azi să parcurgă de la un capăt la altul expunerea unei teorii despre procesele naturale, fără ca spiritul lor de rigoare să aibă nedumeriri și nemulțumiri. Formulările matematice din lucrarea de față sînt însă *altceva* decît expuneri *more geometrico* ale problemelor. Ne-a interesat aici altceva decît argumentarea matematică: *rezultatul* argumentării; și nu numai rezultatul în sine, ci *interpretarea* sa, ținînd seama de contextul ideațional și de modul în care matematica satisface nevoile metodologice și explicative ale diferitelor științe. Matematica nu este unicul (sau principalul) limbaj comun al diverselor discipline care au nevoie de conceptul de informație, însă are o valoare *metodologică* uriașă. Ne referim nu numai la Teoria matematică a informației, ci (așa cum se va vedea din *anexe*) și la analiza combinatorie, la teoria probabilităților, la statistica matematică etc.

[8] S. Guiașu. *Aplicații ale teoriei informației*, București, Editura Academiei R.S.R., 1968.

*

Cît despre ceea ce numim „universul informațional", am căutat să vedem în ce măsură el ar putea fi privit ca realizînd *legătura dintre necesitate și libertate, dintre natură și cultură, dintre fizică și istorie* [9].

[9] M. Malița (*Cronica anului 2000*, București, Editura politică, 1969) crede că secolul XX merită eticheta de „veac electronic", subliniind imensele consecințe ale introducerii calculatoarelor (p.20), și pronostichează un progres „spectacular" al teoriei informației (p. 29).

PARTEA ÎNTÎI

ELABORAREA ȘTIINȚIFICĂ A CONCEPTULUI DE INFORMAȚIE

În anii 1920—1930, R. A. Fisher a încercat să stabilească criterii matematice pentru evaluarea *estimațiilor statistice.* Într-o operație statistică pornim de la date de observație (afectate de erori, de fluctuații de eșantionaj); ni se cere să *estimăm* parametrii unei distribuții de frecvențe (respectiv de probabilități) despre care avem numai indicații limitate, parțiale, fragmentare. Fisher cere ca statisticile să fie consistente, demne de confidență *(unbiased, Erwartungstreue)* și suficiente (exhaustive):

a) sînt consistente acele statistici în care cifra T calculată pe baza mostrei converge către θ, parametrul necunoscut, atunci cînd volumul mostrei (eșantionului) crește $(n \to \infty)$.

Printre statisticile consistente, o importanță deosebită o au statisticile *eficiente* (eficace, *wirksam*): sînt cele care duc la valori cu o varianță minimă. Spre exemplu, media $\bar{x}$ a eșantionului este o estimație consistentă a mediei μ a populației, iar varianța mediei eșantionului este mai mică decît varianța valorii centrale (mod).

b) sînt *unbiased* acele funcții de estimație pentru care

$$E(T) = \theta$$

Dacă extragem din populația cercetată mai multe eșantioane și estimăm de fiecare dată valoarea lui θ (fie T_1, T_2, ... T_n aceste estimații), media lor este apropiată de θ.

c) sînt *suficiente* acele estimații T_n care dau cea mai mare valoare de cunoaștere pentru θ, astfel încît prin calcularea altui indice statistic din eșantion nu se obține o corectare a valorii lui T_n, respectiv o aproximare mai bună a lui θ. Ca metodă universală pentru aflarea lui T, Fisher a indicat metoda asemănării sau verosimilității maxime *(maximum likelihood)*, care este o generalizare a unei metode stabilite de Gauss pentru distribuția normală. Probabilitățile sînt înlocuite cu funcția $L(\theta)$, continuă în intervalul $0 \leqslant \theta \leqslant 1$, dar a cărei integrală între aceste limite nu are valoarea 1. *Likelihood* nu este, de aceea, tot una cu *probability*. Estimația recomandată T este aceea pentru care $L(\theta)$ are un maximum absolut. Aceasta revine la a rezolva o problemă de calcul diferențial.

R. A. Fisher observă că se poate izola un termen care nu depinde de datele de observație, ci numai de probabilitățile efective și numește expresia matematică respectivă *informația* conținută în observație. Această mărime (care este o proprietate intrinsecă a datelor) este *o măsură* cu care putem evalua *eficacitatea* estimațiilor statistice: „Dacă știm să calculăm cantitatea de informație conținută în date, cea care este extrasă printr-o oarecare metodă ... poate fi comparată cu cea extrasă prin altă metodă, și o comparație măsoară în mod obiectiv eficacitatea metodei propuse pentru a conserva informația adecvată posibilă“ [1]. În felul acesta deosebim o *fracțiune actuală* a informației utilizată printr-un coeficient mai mult sau mai puțin eficace. Fracțiunea neutilizată, „disponibilă“, poate fi redusă grație unui anumit *plan de lucru.*

[1] R. A. Fisher. *Les méthodes statistiques adaptées à la recherche scientifique*, Paris, P.U.F., 1947, p. 287.

În *titlul* unei comunicări, noțiunea de informație apare, la R. A. Fisher, abia în 1934 [2].

Comentînd contribuția lui R. A. Fisher, M. G. Kendall subliniază recent faptul că marele statistician englez a urmărit, de fapt, să înlocuiască postulatul lui Bayes (1763) printr-un principiu mai bine fundamentat logic, dar că rezultatele sale nu au primit o recunoaștere unanimă [3]. Astăzi există tendința de a reveni la postulatul lui Bayes și de a lega inferența de teoria deciziilor. „Informația“ în sens Fisher rămîne însă o noțiune clasică a statisticii matematice [4].

MĂSURA INFORMAȚIEI LA R.V.L. HARTLEY

Teoria statistică a comunicației începe cu lucrarea, azi clasică, a lui R. V. Hartley. În această lucrare, Hartley caută să stabilească o „măsură cantitativă prin care să poată fi comparate capacitățile diferitelor sisteme de a transmite informație“. Autorul se referă la sistemele electrice de comunicație. Ideea sa nouă este că măsura trebuie să fie dependentă de relațiile de frecvență implicate în comunicație [5]. În acest context, termenul „informație“ nu are nimic de-a face cu ceea ce se poate numi înțelesul (conținutul semantic) al semnalelor transmise. Hartley însuși recunoaște marea „elasticitate“ a termenului și arată că este de dorit să se elimine factorii psihologici implicați, pentru a stabili o măsură „în termeni de cantități

[2] R. A. Fisher. *Probability, likelihood and quantity of information in the logic of uncertain inference*, „Proc. Roy. Soc.“ A., 1934, vol. 146, p. 1—8.

[3] M. G. Kendall. *Ronald Aylmer Fisher, 1890—1962*, „Biometrika“, 1963, vol. 50, nr. 1—2, p. 4.

[4] Vezi, de exemplu, E. Weber. *Grundriss der biologischen Statistik*, 8 Aufl., Jena, G. Fisher, 1967, p. 198—220.

[5] Se pare că Hartley nu a făcut (cu suficientă claritate deosebirea între frecvența relativă a unui *tip* de secvențe printre toate tipurile posibile (de exemplu frecvența sa într-un dicționar) și frecvența relativă a *apariției (occurence)* în cadrul mesajului concret. Această distincție a făcut-o, cu mult înainte, B. P. Hasdeu în a sa „teorie a circulației cuvintelor“.

fizice pure". Autorul vorbește indistinct despre *măsură*, *conținut* și *cantitate* de informație [6]. El decide să adopte — ca măsură practică a informației — logaritmul numărului de secvențe-de-simboluri posibile. Fie s o anumită secvență de simboluri; cînd setul tuturor secvențelor echiposibile de aceeași lungime conține n membri, măsura informației este $\log n$. „Probabilitatea" lui s, $p(s)$ este atunci tocmai $1/n$, deci $n = 1/p(s)$ și ajungem la funcția $\log 1/p(s)$ sau $\log p(s)$, care este botezată „măsura informației lui s".

Hartley face o legătură importantă între *măsura informației* și unele *procese de selecție*. Cu cît este mai mare setul de semnale din care emițătorul „alege" semnalul specific pe care vrea să-l transmită, cu atît mai complex este procesul de selecție. La fiecare selecție se elimină toate celelalte simboluri; informația devine cu atît mai *precisă* cu cît se elimină mai multe dintre secvențele-de-simboluri.

Sensul curent al cuvîntului *informație* se referă la conținutul său semantic. *Comparațiile* cantitative sînt aci relativ ușor de făcut, de exemplu în ce privește precizia, dar *măsurarea* este o problemă dificilă. Propoziția: „mîine va avea loc o ședință" este *mai puțin precisă* decît propoziția: „mîine la ora 8 va avea loc o ședință de colectiv". Este evident că *nu* acest aspect îl poate interesa pe inginerul de telecomunicații. Pe el îl interesează să compare *raritatea* unor asemenea „comunicate" sau „înștiințări". Nu poate exista nici un fel de conexiune logică între cantitatea de informație semantică purtată de o propoziție și măsura rarității anumitor secvențe-de-simboluri. Evenimentul transmisiei unei anumite propoziții și evenimentul *exprimat* prin această propoziție sînt, în general, evenimente complet diferite, iar confuzia dintre probabilitatea lor de apariție este ușor de evitat [7]. Teoria inginerească a comunicației nu se interesează — în varianta lui Hartley — de informația semantică.

[6] R. V. L. Hartley. *Transmission of information.* „Bell System Techn. J.", vol. 7, 1928, p. 535–563.

[7] Y. Bar-Hillel. *Language and Information*, Addison-Wesley, Reading, 1964, p. 286.

INFORMAȚIA LA CL. E. SHANNON[8]

În viziunea lui Shannon (1948), informația trebuie să fie o cantitate măsurabilă abstractă; valoarea ei nu trebuie să depindă de natura informației (așa după cum lungimea sau temperatura au valori care nu depind de natura obiectului care este lung sau cald).

A) Cum am putea măsura informația relativă la apariția unui eveniment? Valoarea mărimii alese ar trebui să nu depindă de cauzele sau de consecințele evenimentelor, ci de alt parametru. Shannon se oprește la probabilitățile asociate cu realizarea variantelor posibile *(outcomes)* ale acestora.

După Shannon, observatorul utilizează informațiile pentru a-și completa cunoștințe incomplete, deci pentru a aboli nesiguranța. O situație poate avea i ieșiri *(outcomes)*, fiecare cu probabilitatea sa p_i. Nedeterminarea în ce privește ieșirea în cauză este abolită prin realizarea evenimentului. Așadar, sîntem în cazul unor variabile aleatoare. Conținutul informațional al unei știri este cu atît mai mare, cu cît ne așteptam mai puțin la realizarea acelui eveniment. De aceea el poate fi o funcție de valoarea reciprocă a probabilității de îndeplinire (ocurență):

$$I_i = f\left(\frac{1}{p(x_1)}\right)$$

Dezvoltarea în continuare a unei măsuri corespunzătoare a fost mai mult „o problemă de tehnică de calcul".

Precum vedem, în teoria sa, Shannon pornește de la un model cognitiv, antropomorfic, în care există incertitudine (nesiguranță) asupra viitorului. Cînd se produce evenimentul cert ($p = 1$), acest fapt nu aduce

[8] C. E. Shannon. *A Mathematical Theory of Communication*, „Bell System Techn.J.", vol. 27, 1948, p. 379–423, 623–656. Expunerea documentată și riguroasă a problemelor matematice se găsește, de exemplu, în S. Guiașu și R. Theodorescu. *Teoria matematică a informației*, București, Editura Academiei R.S.R., 1966; S. Guiașu. *Aplicații ale teoriei informației*, București, Editura Academiei R.S.R., 1968.

nici o informație, după cum nici o informație nu este legată de constatarea neproducerii evenimentului imposibil ($p = 0$).

Unii autori au confundat informația incompletă din acest model, asociată cu o expectație ipotetică (precizată prin probabilități), cu o nedeterminare obiectivă. În realitate, situația seamănă mai curînd cu un lanț Markov, fiecare dintre eventualități fiind marcată de o probabilitate p_i ce poate fi verificată (și evaluată) statistic [9]; incertitudinea privește ocurența sa într-o experiență *particulară*.

S-a mai spus că informația este — în acest model — legată de *ignoranță* [10]. Credem că expresia este neadecvată. Dacă vorbim de ignoranță, atunci este o „*doctă* ignoranță" sau (cum spune Gh. Zapan) un *semidoctism* (de un tip special).

B) Pasul următor face apel la modelul transmiterii informației prin semnale. Dacă evenimentul se realizează într-un singur fel, realizarea sa este dinainte cunoscută (certitudine); ea nu ne aduce informație. Dacă el se *poate* realiza, dar nu este sigură realizarea — împreună cu *prezența* evenimentului avem de considerat și *absența* sa —, deci două eventualități (modalități). Pentru a transmite o informație [11] avem deci nevoie de un alfabet cu cel puțin două litere (de exemplu un semn și o pauză, 1 sau 0): $m \geqslant 2$. Dacă evenimentul se poate realiza în n feluri diferite, se pune problema determinării cantității de informație care ne-o dă în *medie* o literă din alfabetul respectiv. Cu creșterea lui n crește și indeterminarea modului în care se rezolvă experimentul, deci informația obținută la producerea evenimentului este mai bogată.

[9] M. Rosenblatt-Roth spune că „prognoza intuitivă" își are baza sa științifică în legea numerelor mari.

[10] M. Rosenblatt-Roth. *Teoria informației pe înțelesul tuturor*, București, Editura științifică, 1966, p. 67 și urm.

[11] Edm. Nicolau. *Introducere în cibernetică*, București, Editura tehnică, 1964, p. 103—104.

Dacă *mesajul* e format din s litere, se pot forma (teoretic) maximum:

$$N = m^s$$

astfel de mesaje. Admitem că pentru două mesaje de lungimi s_1 și s_2 se scrie:

$$N = N_1 + N_2 = m^{s_1} + m^{s_2}$$

Reunirea celor două mesaje dă un mesaj de lungime $s_1 + s_2$, la care $N = m^{s_1+s_2}$. Dacă cerem ca

$$I_{s_1+s_2} = I_{s_1} + I_{s_2}$$

este evident că

$$I_s = C \log N = SC' \log N.$$

Informația medie pe literă este deci

$$I = \frac{I_s}{s} = \frac{s}{s} C \log N = C \log N.$$

C) Un experiment cu k rezultate echiprobabile are, pentru fiecare rezultat în parte, probabilitatea $\frac{1}{k}$. Putem admite că fiecare rezultat în parte introduce o nedeterminare egală cu a $\frac{1}{k}$ *a* parte din nedeterminarea totală a experimentului (egală cu $\log k$):

$$\frac{1}{k} \log k = -\frac{1}{k} \log \frac{1}{k}$$

Este natural ca prin generalizare să obținem, pentru un experiment cu probabilitățile p_i ale rezultatelor posibile, o măsură a nedeterminării, care este *entropia informațională a lui Shannon*:

$$H(x) = -\Sigma p_i \log p_i$$

Ea este o măsură pentru nesiguranța medie a unei știri.

Cînd una dintre probabilitățile p_i este egală cu unitatea, toate celelalte sînt nule; atunci logaritmul acestei probabilități este nul, iar entropia este nulă.

„Ponderea" lui $\log p_i$ prin p_i ne permite să reprezentăm grafic cantităţile de informaţie prin ariile unor dreptunghiuri.

Prototipul nesiguranţei este asociat cu o alegere 50 : 50 (experienţa cu aruncarea banului). Unitatea nesiguranţei *(bit)* trebuie să fie atunci nesiguranţa asociată cu această situaţie

$$\left(p_1 = p_2 = 0{,}50 = \frac{1}{2}\right).$$

Atunci

$$H(x) = -\left(\frac{1}{2}\log_2\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\log_2\frac{1}{2}\right) = 1$$

Un bit este deci o unitate tehnică de cantitate de informaţie, şi nu o „bucată mică" de informaţie : o singură „ştire" poate conţine mulţi biţi sau o fracţiune de bit.

Unitatea de informaţie este un *bit (binary digit)* atunci cînd lucrăm cu logaritmii în baza 2, un *dit* cînd lucrăm în baza 10 şi un *nit* cînd lucrăm în baza *e*.

Funcţia

$$F(p) = -p\log_2 p$$

are însuşiri remarcabile. Ea este convexă cu un maximum ($F = 0{,}53$) pentru $p = 0{,}37$. Pentru $p = 0$ sau $p = 1$ (imposibilitate sau certitudine), $F(p) = 0$, căci cazul imposibil nu contribuie la mărimea nesiguranţei, iar cazul cert suprimă nesiguranţa.

D) Fie x o clasificare cu categoriile i şi probabilităţile asociate $p(i)$; atunci $H(x)$ este conţinutul informaţional al acestei clasificări.

Cînd toate cele r categorii dintr-o clasificare sînt considerate ca echiprobabile, $p(i) = \frac{1}{r}$ şi obţinem :

$$\text{max. lui } H(x) = -\sum\frac{1}{r}\log_2\frac{1}{r} =$$

$$= -r\cdot\frac{1}{r}\log_2\frac{1}{r} = -\log_2\frac{1}{r}.$$

În legătură cu ultima idee menţionăm că, „atunci cînd nu avem nici un fel de date asupra probabilităţilor evenimentelor care intervin într-un experiment, putem întotdeauna să le considerăm egal probabile, adică să nu acordăm preferinţă nici unui eveniment posibil, considerînd că nedeterminarea experimentului respectiv este deci maximă" [12].

E) Fie un cîmp de evenimente în sensul teoriei probabilităţii : H este *entropia unui cîmp de probabilitate.*

Pornind de la repartiţia

$$P(X = x_i) = p_i$$

se pune întrebarea : cu care dintre valorile posibile

$$x_1, x_2 \ldots, x_k$$

este egal *în realitate* X? Comunicînd că X este egal cu *un anumit* x_i, ridicăm o nedeterminare, printr-o informaţie *suplimentară* asupra obiectului. Informaţia este deci conţinută în indicarea valorii *exacte* a lui X [13].

H poate fi numită şi informaţia *selectivă* medie, atunci cînd modelul presupune *alegerea* unei eventualităţi din mai multe posibile (după cum, în cazul transmiterii unui mesaj prin simboluri, se realizează o *selecţie* a unei combinaţii de simboluri, dintre cele virtual posibile. Aceasta implică o anumită *libertate* de alegere).

Presupunem că analizăm statistic *sursa* unui mesaj : atunci p_i sînt, de fapt, frecvenţe relative f_i. Entropia informaţională este şi o densitate de informaţie a acesteia, deoarece ea corespunde creşterii medii de informaţie pe simbol. Ea exprimă totodată, sintetic, structura statistică a mesajului.

[12] S. Guiaşu şi R. Theodorescu. *Matematica şi informaţia*, Bucureşti, Editura ştiinţifică, 1965, p. 83.

[13] A. N. Kolmogorov. *Teoria transmisiei informaţiei*, în „Analele româno-sovietice. Matematică", 1957, p. 11.

F) Ne putem apropia *statistic* de formulele de bază ale teoriei informației punîndu-ne problema *transmisiei* (printr-un canal de comunicație) a șirului de semne zecimale:

$$a_1, a_2, \ldots a_n, \ldots$$

cu ajutorul *șirului de semne binare.*

$$b_1, b_2, \ldots b_m, \ldots$$

Fiecare semn a_n trebuie reprezentat deci prin cifre binare (re-codificat); pentru un semn a_n trebuie să consumăm 4 semne binare (deoarece $2^3 = 8 < 10$ și numai $2^4 = 16 > 10$). Pentru a transmite o *pereche* de semne zecimale trebuie să consumăm 7 semne binare (deoarece $2^6 = 64 < 100$ și numai $2^7 = 128 > > 100$); pentru a transmite *trei* semne zecimale avem nevoie de 10 semne binare etc. În medie avem nevoie deci (pentru a fi transmise în unitatea de timp) de

$$v_1 = 4; \quad v_2 = \frac{7}{2} = 3{,}5; \quad v_3 = \frac{10}{3} = 3{,}33\ldots$$

semne binare și se poate constata că șirul de numere care apare astfel converge către

$$v = \log_2 10 = 3{,}32\ldots$$

Formula ne arată care este viteza necesară de creare a semnelor binare pentru ca să nu se producă o întîrziere sistematică în transmitere. Așadar, *viteza de creare a informației* admite o măsurare *cantitativă* rațională, fără a ține seama de deosebirile calitative. În cazul cînd în unitatea de timp se fixează în medie K semne, dintre care fiecare poate lua N valori,

$$\overline{H} = k \log N.$$

În limbile concrete, mesajele (textele) conțin litere diferite cu frecvențe diferite $n_1, n_2, \ldots, n_k$. Dacă lungimea textului este n

$$(n_1 + n_2 + \ldots + n_k = n),$$

atunci numărul de texte posibile de lungime n este dat de formula (combinatorică)

$$N = \frac{n}{n_1 n_2 \ldots n_k}.$$

Prin aproximare (folosind așa-numita formulă a lui Stirling în forma ei „slabă")

$$\log (n!) \approx n \log n.$$

Fie $f_i = n_i/n$ frecvențele relative. Pentru valori mari ale lui n_i obținem:

$$I = \log N \approx -n \Sigma f_i \log f_i.$$

Cantitatea de informație transmisă „cu ajutorul" unei litere a textului este în medie egală cu

$$H = -\Sigma f_i \log f_i.$$

În cazul egalității frecvențelor

$$f_1 = f_2 = f_3 = \ldots = f_k = \frac{1}{K}$$

obținem din nou

$$H = \log K$$

în timp ce, pentru orice alte frecvențe f_i, avem:

$$H < \log K$$

H (sau cantitatea de informație) exprimată în biți este deci și *numărul mediu minim de simboluri binare* necesare pentru a aboli nesiguranța asociată cu o situație dată.

G) Dacă două situații se pot reprezenta mutual, atunci informația despre una dintre ele poate aboli nesiguranța privind cealaltă situație. Reprezentabilitatea implică un „conținut de informație" egal.

Așadar, „informația este ceva care poate fi măsurat și care poate fi codificat și transformat, dar care poate

fi conservat prin toate rearanjamentele ordonate... Însușirea de *conservare* a informației este aspectul care dă acestei *cantități* abstracte calitatea de substanțialitate și de concreteță. Nu e nevoie ca materia să însoțească transferul de energie sau de informație, nici informația nu este *per se* o însușire de material" [14] (sublinierile ne aparțin). Am prefera să spunem că această conservare este *potențială;* am prefera să nu identificăm informația cu o *cantitate*, ci să spunem — pur și simplu — că este (în unele condiții sau pentru unele modele) măsurabilă după criterii deja stabilite.

H) Funcția H ia valoarea maximă atunci cînd simbolurile apar egal de frecvent (cînd probabilitățile sînt echiprobabilități). Orice abatere de la această repartiție uniformă a probabilității scade densitatea informațională. Aceasta înseamnă că, în asemenea cazuri, sursa mesajului nu folosește pe deplin posibilitățile sistemului de simboluri.

Se numește redundanță *suplimentul* (valoarea de completare pînă la 1) entropiei informaționale relative (H/H_{max}):

$$r = 1 - \frac{H}{H_{max}}$$

(aci H_{max} apare la echiprobabilitate, deci la $p(x)$ constant).

Redundanța poate fi lămurită și altfel: ea este contribuția adusă de sursă pentru ca un simbol emis efectiv să depășească valoarea informațională medie a simbolurilor sursei. Cu alte cuvinte, nu orice element al secvenței de simboluri are aceeași valoare informațională [15].

[14] H. P. Yockey. *The Use of Information Theory in Aging and Radiation Damage*, în *Biology of Aging*, A.B.S., Washington, 1960, p. 343.

[15] Vom vedea că redundanța mai poate fi interpretată în alte cîteva feluri. De exemplu, dacă cantitatea de informație care revine pentru un element al mesajului este mai mică decît aceea dintr-o transmisie cu maximum de economie de semnale (simboluri), mesajul este „alungit" față de cazul ideal: *recte* redundant.

I) Cercetările lui Shannon s-au axat pe soarta unui mesaj în *canalul de transmisie.* El este codificat (codat) și este decodificat (decodat) la recepție. Se numește cod funcția

$$\varphi : A'_0 \to A'$$

care permite trecerea (ca printr-un dicționar) de la un element al unui „alfabet" finit la elementul corespunzător al altui „alfabet" finit. La trecerea prin canal, mesajul suferă *perturbații.* Din punct de vedere formal, putem considera fiecare cod ca un canal fără perturbații, cu alfabetul de intrare A_0 și alfabetul de ieșire A.

Problema transmisiei este abordată probabilist.

Schema lui Shannon a transmiterii comunicațiilor este

$$X \xrightarrow[\text{codificare}]{} Y \longrightarrow Y' \xrightarrow[\text{decodificare}]{} X'$$

unde dispozitivul de transmisie $Y \to Y'$ este caracterizat de o repartiție condițională a „semnalului de ieșire" Y'. „Semnalul de intrare" Y este dat și prin anumite restricții asupra repartiției P_y a semnalului de intrare

$$P \in V.$$

Codificarea și decodificarea sînt caracterizate și ele prin repartiții condiționate.

Problema centrală este legată de cerințele în ce privește *precizia transmisiei.* Este oare posibil — și dacă este așa, în ce mod — să se dea o regulă de codificare și de decodificare, astfel ca transmisia să se facă cu precizia cerută?

J) Punînd accentul pe studiul transmisiei „informației" în canale cu perturbații, teoria lui Shannon apare multor autori ca o teorie statistică a *transmisiei semnalelor.* În adevăr, pentru problemele ce apar în acest domeniu, sensul, semnificația sau adevărul mesajului sînt indiferente. S-a spus de aceea că „mate-

matica nu poate dezvălui esența tuturor aspectelor informației" [16].

Kolmogorov [17] consideră că teoria lui Shannon este o descoperire mare, deoarece duce la rezultate *neașteptate*. Măsura propusă a cantității de informație „permite rezolvarea pînă la capăt a unei clase mari de probleme în care *a priori* n-a fost de loc clară independența soluției față de particularitățile calitative mai fine ale informației". Cercetările axiomatice au arătat că „nu poate exista nici o altă caracteristică scalară atît de generală și naturală a informației conținută într-un obiect aleator X, relativ la un alt obiect aleator Y, în afară de $I(X, Y)$. Totuși, nici un studiu axiomatic... nu poate răspunde la problema cît de *complet* caracterizează această mărime *informația* respectivă". Pentru unele cazuri particulare (pentru direcții concrete de cercetare) — cum sînt cele legate de codificare, de acomodarea canalului de comunicație sau a dispozitivului de memorizare la transmisia sau la păstrarea informației, „specificul calitativ al informației nu este esențial". O astfel de neglijare a particularităților calitative ale informației are loc numai cu o aproximație cunoscută și în condiții determinate. O fundare matematică riguroasă nu este posibilă decît admițînd ipoteze foarte restrictive [18].

Y. Bar-Hillel are însă mai multe rezerve. Dezvoltarea „de ciupercărie" a teoretizărilor privind informația se datorește, după el, inspirației nefericite de a folosi un termen extrem de ambiguu (cel de informație) pentru a denota funcțiile de bază ale teoriei. Aceasta a dus la „speculații care trec cu mult dincolo de ceea ce este legitim tolerabil" [19].

Conceptele teoriei informației sînt folosite pretutindeni în numeroase și variate domenii. În cele mai multe cazuri, ceea ce se aplică este mai ales *calculul*

[16] S. Guiașu și R. Theodorescu. *Matematica și informația*, București, Editura științifică, 1965, p. 80—81.

[17] A. N. Kolmogorov, *op. cit.*, p. 14.

[18] Vezi, de exemplu, lucrarea lui A. I. Hincin, în „Analele româno-sovietice. Matematică-fizică", 1954, nr. 2.

[19] Y. Bar-Hillel. *Language and Information*, p. 293—294.

informației, și nu interpretarea care i se dă în ingineria comunicațiilor. Termenul „informație" este folosit de către autori în diferite sensuri, deși nu este ușor de determinat întotdeauna *care este acest sens.*

K) După Cherry [20], teoria comunicației este exprimată în limbajul unui observator extern, și nu în cel al participanților; este o teorie statistică privind proprietăți mixte, și nu însușiri specifice momentane; alfabetul semnelor rămîne neschimbat (spre deosebire de parametrii experienței subiective). Utilizarea acestei teorii este posibilă numai în situațiile în care stimulii sînt priviți „pur sintactic", în care răspunsurile depind numai de amplitudinea alegerii și de probabilitatea de ocurență. *Ignorarea înțelesurilor* nu înseamnă că înțelesul este irelevant pentru operator, ci numai că el este *constant* pentru toți operatorii. Or, interpretarea mesajelor este de obicei dependentă de starea informațională a receptorului și receptorii operează ca „sisteme deschise". În situații cu care ne întîlnim în tehnică, omul devine un operator în sisteme artificiale și atunci teoria își găsește aplicații corecte și utile.

TEORIA INFORMAȚIEI SEMANTICE (BAR-HILLEL)

Conceptele teoriei informației semantice se aplică la sentențe sau propoziții, prin *sentențe* înțelegîndu-se (prescurtat) „sentențe declarative" *(statements)*, iar prin *propoziții* entitățile non-lingvistice exprimate prin sentențe. Teoria presupune un anumit sistem de limbaj, iar conceptele bazale vor fi aplicate sentențelor acestui sistem. Ele vor fi, așadar, concepte semantice, strîns legate de anumite concepte ale „logicii inductive" (R. Carnap, 1950, 1952). Bar-Hillel atrage atenția asupra faptului că teoria sa nu se ocupă de „problema semantică a comunicației" în sensul dat de Weaver acestui cuvînt (și care ar studia, după acest autor,

[20] C. Cherry. *On the validity of applying communication theory to experimental psychology*, în „British Journal for the Psychology", 1957 (aug.).

„identitatea, sau aproximația satisfăcătoare, în interpretarea sensului de către receptor, prin comparație cu sensul intenționat de către emițător"). El se ocupă de *informația purtată de o sentență*, atît de ea însăși, cît și (comparativ) de alte sentențe sau de un alt set de sentențe. Conceptul de informație semantică este nu numai o aproximare (prin abstracție) a conceptului „plin de sînge" de *informație pragmatică*, dar are și propria valoare independentă[21]. Anticipînd rezultatele, vom spune că — din punctul de vedere al lui Bar-Hillel — informația purtată de sentența „$17 \times 19 = 323$" este zero, iar cantitatea de informație în teorema „cele trei mediane ale unui triunghi plan sînt concurente", relativă la (în raport cu) setul de sentențe care servește ca un set complet de axiome în geometria contemporană, este de asemenea zero. (Aceasta nu exclude ca, pentru anumite persoane, cantitatea de informație a acestor sentențe, privită „psihologic", să fie considerabilă.) Informația semantică purtată de o sentență (în raport cu o anumită clasă de sentențe) poate fi concepută ca fiind *informația pragmatică „ideală"* pe care ar purta-o pentru un *receptor „ideal"*; pentru acesta, cunoașterea empirică este formulată exact *tocmai* în această clasă de sentențe; memoria sa este perfectă, el cunoaște întreaga logică și matematică și, împreună cu orice clasă de sentențe empirice, toate consecințele lor logice. Un astfel de intelect suprauman de ficțiune poate juca, în știința informației, rolul pe care „gazul ideal" îl joacă în fizică.

Cu alte cuvinte, teoria lui Bar-Hillel intenționează să fie un *explicatum* sistematic a ceea ce se înțelege prin conținutul unei afirmații sau prin informația purtată de o afirmație, sau cînd se spune că informația purtată de afirmația *j* este mai mare decît cea purtată de informația *i*. *Conținutul* se va nota prin *Cont* (cu inițială mare). În acord cu dictonul scolastic după care *omnis determinatio est negatio*, conținutul unei afirmații este clasa acelor stări posibile ale universului care sînt excluse prin această afirmație, adică clasa

[21] Y. Bar-Hillel. *Op. cit.*, p. 223.

acelor stări a căror existență este incompatibilă cu adevărul afirmației. Din rațiuni tehnice este preferabil să se vorbească despre *descrierile de stări* (și nu despre *stări*). Definiția finală a conținutului unei afirmații este, în consecință, *clasa tuturor descrierilor de stări excluse printr-o anumită informație*. O asemenea definiție ne forțează să ne relativizăm considerațiile, în raport cu un limbaj dat. Se pot prezenta definiții adecvate deocamdată numai pentru ceea ce în termeni tehnici reprezintă „sistemele de limbaj de ordinul întîi cu identitate" — dar teoria ar putea fi extinsă și la alte sisteme [22].

Măsura *Cont* a conținutului unei sentențe este o funcție de descrierile excluse, atunci cînd conținuturile sînt *incluzive*. Cînd ele sînt *excluzive*, se face apel la *probabilitatea logică* $m(i)$ a unei afirmații și se definește

$$cont\,(i) = 1 - m(i)$$

Pentru a satisface unele cerințe de aditivitate se definește o altă măsură:

$$inf(i) = \log_2 \frac{1}{1 - cont(i)} = -\log_2 m(i).$$

Există deci cel puțin două măsuri, deoarece niciuna dintre ele nu este o măsură ideală. După autor, *inf* este o măsură a gradului de neașteptat *(unexpectedness)*.

Este greu de reglementat folosirea *practică* a acestor măsuri.

Pentru a exemplifica această dificultate, Bar-Hillel se referă la o nuvelă polițistă, în care asasinul este căutat printre patru indivizi: A, B, C, D. S-a pus un premiu pentru descoperirea sa. Se prezintă *succesiv* trei martori X, Y, Z, care arată respectiv că A, B, C sînt inocenți. Cum se va distribui premiul? Egal la cei trei martori X, Y, Z? Mărturia lui X a exclus 1 suspect din 4, cea a lui Y, 1 din 3, cea a lui Z, 1 din 2.

[22] *Idem*, p. 299—300. O încercare a fost făcută de J. G. Kemeny. *A logical measure function*, „Journal of Symbolic Logic", 1953, vol. 18, p. 289—308.

Dar numai mărturia lui Z a fost decisivă pentru identificarea criminalului.

Un alt concept introdus de Bar-Hillel este cel de *estimație a cantității de informație*. Să efectuăm un experiment ale cărui n rezultate $h_1, h_2, \ldots h_n$ formează un sistem exhaustiv H, astfel încît numai un anumit rezultat h_i se poate produce. Estimarea cantității de informație *est* (*inf*, H) purtată de către membrii lui H este, prin definiție, media ponderată a informației purtată de fiecare h_i, probabilitățile *logice* servind ca ponderi. Pentru *inf* avem

$$est\ (inf,\ H) = -\ \Sigma_i p_i \log_2 p_i.$$

În continuare se pot defini și noțiuni mai complexe, cum este cea de *cantitate de specificare* și de *estimare a cantității de specificare*. Prin *cantitate de specificare*, Bar-Hillel înțelege diferența între estimarea *a priori* și cea *a posteriori*. Specificarea într-o situație de multe ori este legată de o reducere în numărul posibilităților (atunci cînd distribuția de probabilități a posibilităților restante este mai puțin împrăștiată). Estimarea cantității de specificare ne poate folosi, de exemplu, pentru măsurarea eficienței unui test de inteligență [23].

★

Cîteodată receptorul unui mesaj, în ciuda unei recepții care, din punct de vedere fizic, este lipsită de distorsiune, reacționează într-un fel deosebit de cel așteptat de emițător. Această situație a fost formulată ca fiind intervenția unui *zgomot semantic*. În realitate trebuie să deosebim cel puțin două situații: una, în care informația devine diferită pentru doi receptori, pentru că este interpretată ca aparținînd la diferite limbi (Ch. F. Hockett, 1952), și alta — probabil mai comună și mai interesantă —, în care informația este evaluată în raport cu *evidențe* diferite. Neînțelegerile pot fi datorate fie unei audiții fizic defectuoase, fie „misevaluării semantice" (sau ambelor cauze).

[23] Un exemplu deplin calculat este dat la p. 268—270. Cazul în care se pierde informația este numit, în concordanță cu Shannon, *echivocare*.

Dar termenul de „zgomot" poate fi folosit și în următoarea situație generală: cel interesat să cunoască dacă s-a întîmplat un anumit eveniment (din sistemul H exhaustiv), dar incapabil să-l observe direct, se mulțumește să observe un eveniment din alt sistem K, în care nu toate K_q sînt irelevante pentru h_p; putem privi K ca pe o distorsiune sau transformare prin „zgomot" a lui H. (R. Carnap, 1950) [24].

Urmînd această cale, vom putea spune că sistemul de sunete care iese dintr-un receptor telefonic este o distorsiune prin zgomot a sistemului ce iese din gura vorbitorului, că sistemul de simboluri tipărite la „ieșirea" unui *teleprinter* este o distorsiune a sistemului de simboluri-litere de la „intrare", că sistemul pozițiilor unui termometru la anumite momente este o distorsiune a sistemului de „situații ale temperaturii" la acele momente (pentru cineva care se interesează de aceste temperaturi), că sistemul de rezultate la testele de inteligență este o distorsiune a sistemului caracteristicilor de inteligență (pentru cineva interesat de aceste caracteristici) etc. În aceste exemple este discutabil dacă am putea vorbi despre „natura care comunică cu noi" și despre „mesajele pe care le primim de la natură". În schimb se poate vorbi despre *eficiența unui limbaj* în raport cu evidența *e:* este raportul dintre *est (inf)* curentă (în limbajul folosit) și *est (inf)* maximă (în clasa tuturor limbajelor utilizabile). Un limbaj poate deveni, într-un anumit sens, mai mult sau mai puțin eficient, o dată cu schimbarea experienței. Pentru un locuitor din New York, un limbaj cu predicatele W (cald, peste 75°F), T (temperat, între 40 și 75° F) și C (rece, sub 40° F) poate fi eficient; dar la San Fran-

[24] Aceasta ar corespunde *simptomului* din patologie, *expresiei* din psihologie și artă etc.

cisco, unde „*T*“ apare mult mai frecvent decît celelalte două eventualități, eficiența acestui limbaj va fi mult redusă.

Un concept de eficiență independent de experiență îl obținem considerînd eficiența în raport cu evidența tautologică. Este eficiența *inițială* notată prin ef_t (L_1, inf). Un limbaj va avea o eficiență inițială maximă dacă toate sentențele descriptive de bază sînt echiprobabile, dacă predicația și negarea sînt „tratate simetric“. Din punct de vedere psihologic, aceasta corespunde unui „principiu de indiferență“, iar din punct de vedere metodologic — pur și simplu „simplității“. O dată cu creșterea experienței și cu stabilirea legilor empirice, se face o „selecție“ între sentențe; eficiența limbajului respectiv descrește (în general). La un anumit stadiu, descreșterea eficienței ar putea duce la abandonarea limbajului și la înlocuirea sa prin altul.

Revenind la exemplul de mai sus, locuitorul din San Francisco va adopta un limbaj în care *W* înseamnă peste 60° F, *C* înseamnă sub 50°F etc. *Ineficiența* este, prin definiție,

$$inef(\ ) = df\ 1 - ef(\ )$$

și joacă, în teoria informației semantice, rolul pe care-l joacă termenul „redundanță“ în teoria comunicației.

În concluzie, teoria informației semantice este o ramificație a teoriei probabilității inductive prezentată de R. Carnap. Ea are aplicații posibile în cel puțin două direcții: în teoria planificării (organizării) experienței *(design of experiments)* și în teoria testelor[25].

Într-o ordine de idei apropiată menționăm considerațiile lui C.C.L. Gregory. El a încercat să stabilească o punte între unele teze ale lui A. Eddington referitoare la „entitățile bazale“ și limbajul teoriei comunicației. Eddington concepea entitățile cele mai primitive în termenii a două atribute — *existență* și

[25] Într-o teză de doctorat în psihiatrie susținută în 1970, D. Ogodescu a preconizat o analiză a informației semantice și o „semantică structurală“ drept cale de a conecta platforma cibernetică (și a Teoriei informației) cu fenomenologia. Noțiunea centrală este, firește, cea de semnificație.

nonexistență; după Gregory, *acestei* alternative îi corespunde un bit. Entitatea de al doilea nivel — *observabilul*, are patru caracteristici și „corespunde“ la doi biți. Gregory introduce *comparabilul* (corespunzător la 3 biți) ca entitate, intermediară spre nivelul următor, al *măsurabilului*, cu 16 caracteristici ($2^4 \rightarrow 4$ biți). *Comparabilul*, cu 8 caracteristici, „are 7 căi de a nu exista în universul discursului“. O relație semantică sau un răspuns fiziologic este un *observabil*. Gregory încearcă să separe înțelesul și cunoașterea „în același fel în care inginerul cibernetician separă informația și sensul (înțelesul)“[26].

INFORMAȚIE ȘI SPECIFICARE

Pentru H. Quastler [27], „nota particulară care caracterizează teoria informației în contrast cu specialitățile înrudite este măsurarea gradului în care un lucru (sau o condiție, sau un eveniment) este *specificat*: cu alte cuvinte, măsurarea gradului în care el diferă de alte lucruri (condiții, evenimente) posibile. Comunicația și organizarea sînt tratate în termeni de specificare mutuală. O cale de a ilustra esența teoriei informației este de a o compara cu statistica. Statistica și teoria informației se ocupă amîndouă cu diversitatea elementelor unui set, dar pe căi diferite. Statistica tratează diversitatea ca pe ceva păgubitor și încearcă să arate ceea ce poate fi stabilit sau făcut în *ciuda* ei. Teoria informației tratează diversitatea ca pe o premisă fără care operații cum sînt selecția, comunicația, reprezentarea, specificarea n-ar fi posibile; ea urmărește să stabilească ceea ce poate fi îndeplinit *din cauza* unui anumit grad de diversitate. Informația evaluată în Teoria informației nu este, astfel, ceea ce înțelegem

[26] C. C. L. Gregory. *A proposal to replace belief by method in the pre-mensural sciences*, în „Nature“, 9 jan. 1960.

[27] H. Quastler. *The specificity of elementary biological functions and the measure of specificity*, în vol. *Information Theory in Biology*, University of Illinois Press, Urbana, 1953, p. 4—71 și 170—188.

prin acest cuvînt în vorbirea zilnică... Termenul, folosit în sensul tehnic, acoperă mult mai mult decît cuvîntul din limbajul cotidian"[28].

INFORMAȚIE ȘI COMPLEXITATE

Abraham Moles a legat noțiunea de informație de „complexitate, dimensiune universală a structurilor". O măsură a complexității poate fi o măsură universală aplicabilă tuturor structurilor și care autorizează o „punere în ordine", un *ranking*. A. Moles este inginer, radiofonist, doctor în științe și în filozofie; după cum vom avea ocazia să mai menționăm, este un om preocupat de problematica percepției[29], de estetică și de creația științifică[30]. Pentru el, măsura complexității C se confundă cu măsura informației H furnizată de mesajul constituit de ansamblajul a N elemente, iar aplicația de interes tehnic este aceea referitoare la clasificarea mașinilor[31]. Clasificarea, „cea dintîi priză a spiritului asupra unui ansamblu", va ține seama mai întîi de *structură*, căci o mașină este alcătuită „din piese înlănțuite într-un mod inteligibil".

$$C = \log_2 N$$

pentru un număr de organe identice sau egal probabile, iar

$$C = N\Sigma\, p_i \log_2 p_i$$

pentru o serie de organe diferite. Așadar este nevoie să avem „repertoriul de elemente", notîndu-se „frecvența p_i într-un magazin de n varietăți". O astfel de măsură a complexității „se adaptează automat la problema ierarhiei structurilor materiale și a realizării lor constructive... Complexitatea sistemului global depinde de natura elementelor considerate ca simboluri și semne. Ea este aditivă acolo unde combinațiile elementelor sînt multiplicative... Ea nu se schimbă pentru permutațiile unui element și ale altuia identice: este un aspect important al construcției normalizate a mașinilor moderne". Dar mașinile pot fi definite și *funcțional*. Mașinile „normale" se grupează în jurul unei linii de regresie, exprimînd creșterea statistică a funcțiunilor o dată cu complexitatea; deviațiile de la această regresie ar putea fi revelatoare pentru aspectele particulare ale construcției. „O astfel de măsură a complexității este susceptibilă de a urma, fără dificultate, toate extensiile noțiunii de organism. Ea se va aplica, în particular, organismelor semiumane semimecanice, cum sînt uzinele: ea definește o structură sociometrică sau o administrație. În fine, ea se va aplica și organismelor biologice"[32].

INFORMAȚIE ȘI VARIETATE

Fie un set de elemente; *varietatea* este numărul de elemente ce pot fi deosebite. Astfel, setul

{g b c g g c}

are o varietate de 3 litere. Pentru multe considerente, varietatea poate fi măsurată, mai convenabil, prin logaritmul acestui număr (eventual prin logaritmul în baza 2, adică în biți).

Noțiunea de varietate este utilă în precizarea unor aspecte ale reglării (biologice). Un set D de perturbații

[28] H. Quastler. *A primer on information theory*, în vol. *Symposium on Information Theory in Biology*, London, Pergamon Press, 1958, p. 5 și 7.

[29] A. Moles. *Théorie de l'information et perception*, Paris, Ed. Flammarion, 1958.

[30] A. Moles. *La création scientifique*, Génève, Ed. Kister, 1957.

[31] A. Moles. *Complexité et classement des machines*, în vol. *2e Congrès International de Cybernétique*, Namur, 1960, p. 157 și urm.

[32] E. Samuelson (*International Forum on Informatics*, vol. II, Moscow, 1969, p. 420—439) propune o măsură a informației în funcție de numărul de elemente E și de conexiuni: $C: \frac{C+1}{E}(E-1)$.

d_i poate fi pus în relație cu un set R de răspunsuri r_j cu ajutorul unei *matrice* (ca cele folosite în teoria jocurilor).

Regulatorul acționează limitînd apariția răspunsurilor la un subset particular. Oricum, R scade varietatea „ieșirilor". Setul acestora nu poate fi mai mic decît cîtul dintre numărul liniilor și numărul coloanelor (Ashby, 1956). Dacă varietățile sînt măsurate logaritmic, $V_O = V_D - V_R$, minimul lui V_0 nu poate fi scăzut decît printr-o creștere a lui V_R: este legea varietății necesare *(law of requisite variety)*. Cu alte cuvinte, capacitatea lui R ca regulator nu poate exceda capacitatea sa ca un canal pentru varietate. Fie un organism supus unor atacuri bacteriene (de specii d_i) astfel încît, pentru a supraviețui, trebuie să producă antitoxinele potrivite r_i. Dacă speciile sînt *toate* diferite și ele cer fiecare o antitoxină diferită, atunci este limpede că organismul, pentru a supraviețui, are nevoie de un repertoriu de antitoxine cel puțin tot atît de mare ca răspunsul cerut de speciile bacteriene prezente. De exemplu, dacă D introduce o varietate de 10 biți, dacă supraviețuirea cere o restricție a evenimentelor la 2 biți, orice acțiune R trebuie să furnizeze o varietate de cel puțin 8 biți.

O analiză a situației fusese făcută anterior de Sommerhoff (1950), care a deosebit varietatea perturbațiilor și a recunoscut că rolul reglării este scăderea varietății răspunsurilor. Dar Sommerhoff a folosit limbajul matematic al analizei și al funcțiilor continue, în timp ce Ashby (1956) a arătat că conceptele teoriei seturilor *(théorie des ensembles)*, în special așa cum sînt expuse de Bourbaki, sînt mai clare, mai simple și mai *generale* (în domeniul biologiei, stările nonnumerice și funcțiile discontinue sînt ubicvitare). Ashby observă (1958) că legea varietății necesare este înrudită cu teorema lui Shannon despre cantitatea de zgomot (sau eroare) care poate fi îndepărtată printr-un canal de corecție [33].

[33] W. Ross. Ashby. *Requisite variety and its implications for the control of complex systems*, în vol. *2e Congrès International de Cybernétique*, Namur, 1960, p. 97—113.

Ashby mai face observația că teoria comunicației s-a specializat în cazul ergodicității (procesele din telecomunicații sînt neîntrerupte și sînt staționare din punct de vedere statistic). În biologie, psihologia socială etc., multe desfășurări sînt interesante tocmai în porțiunea lor non-ergodică (pre-ergodică). „Este de sperat că extensia conceptelor fundamentale ale lui Shannon și Wiener la cazul non-ergodic va fi tot atît de fructuoasă în biologie, cum a fost cazul ergodic în comunicația comercială. Pare plauzibil ca să fie utilizată noțiunea mai primitivă de varietate în locul aceleia de probabilitate, căci în situațiile biologice, sistemele sînt rareori izolate destul de îndelungat sau destul de complet pentru ca frecvențele relative să aibă o limită staționară".

Curent, regulatorii sînt controlați prin eroare — și de aceea sînt fundamental incapabili să fie 100% eficienți. În organismele vii s-au dezvoltat canale de informație (senzoriale) care aduc informații despre *D înainte* ca lanțul cauză-efect să producă eroarea actuală. O astfel de reglare înseamnă un control *prin ceea ce dă naștere la eroare* și tocmai aceasta este aplicarea la cibernetică a legii varietății necesare.

Legea enunțată presupune și o limitare fundamentală a intelectului uman, în special a intelectului folosit în cercetarea științifică. Testele de inteligență se măsoară prin puterea de a selecționa adecvat (de a deosebi răspunsurile bune de cele rele). Testele folosesc aceeași operație ca cea folosită în exemplele de mai sus : D este setul de întrebări posibile, iar R este setul răspunsurilor posibile. Ceea ce numim „inteligență" nu poate depăși capacitatea sa de traductor. S-ar părea că sisteme de o înaltă complexitate nu pot fi înțelese de o *singură* minte; dar *asocierea* a *n* oameni poate realiza înțelegerea *dacă* organizarea lor este eficientă, dacă strategia este utilă. Strategiile potrivite pentru sistemele complexe nu sînt decît cele urmărite de cercetarea operațională. W. Ross Ashby subliniază că pentru *a controla* un sistem e nevoie de o varietate mai mică a regulatorului decît de cea necesară pentru a-l înțelege. Nu e nevoie de cunoașterea întregului

lanț de cauze și efecte, ci numai de punerea în relație a cauzelor controlabile cu efectele ultime. „Măsura cantității de informație, chiar dacă ea nu poate fi făcută decît aproximativ, arată investigatorului dacă un sistem complex cade în hotarele limitărilor sale. Dacă el este sub această limită, metodele clasice pot fi potrivite; dacă el este deasupra limitelor, pentru ca munca să fie realistă și cu succes, trebuie să-și schimbe strategia spre una similară cercetării operaționale". Mai departe, W. Ross Ashby scrie: „Această lege..., fixînd o limită la ceea ce poate fi făcut, poate marca o eră așa cum legea conservării energiei a marcat era de acum un veac"[34]. Atunci ea a descurajat tentativele de a obține un *perpetuum mobile*, dar a orientat eforturile spre căile realiste ale energeticii. Analog, legea varietății necesare (sau teorema nr. 10 a lui Shannon, care îi este echivalentă) orientează eforturile spre strategiile adecvate.

RELATIVITATEA MĂSURILOR INFORMAȚIEI

Măsurile de informație sînt *relative*. Conținutul informațional al unui eveniment depinde de felul în care acest eveniment este pus în relație cu „țesătura de referințe" a sistemului de evaluare. Spre deosebire de alte mărimi, ca lungimea, aceste relații nu sînt fixate în condiții cotidiene. De aceea, conținutul de informație se comportă rareori ca și cum ar fi o însușire a evenimentului; el este definit de situație *și* de ansamblul folosit pentru a-l caracteriza. „Specificarea contextului" este indispensabilă (Augenstine).

De fapt, măsura informației[35] depinde de trei alegeri sau decizii *(fiecare implicînd un grad de arbitrar)*: a) alegerea unui eveniment-unitate; b) stabilirea categoriilor; c) alegerea unui set de probabilități.

[34] *Op cit.*, p. 113.

[35] $I(x)$ este „expectația logaritmică a probabilității ca x să cadă în categoria i" (Quastler).

În consecință, *măsuri informaționale mult diferite sînt compatibile cu o situație reală dată*. Modelul lui Shannon se referea la un sistem în care toate caracteristicile informaționale erau perfect definite. Subliniem faptul că probabilitățile nu sînt, practic, niciodată cunoscute, ci ele pot fi numai estimate.

Chiar pentru comunicația cea mai banală — o convorbire — este o utopie să credem că am putea obține o măsură precisă, neechivocă și incontestabilă a conținutului de informație, căci informația este purtată nu numai de alegerea cuvintelor („rezervorul de cuvinte" al fiecăruia nu este cunoscut), ci și de inflexiunile vocii, de tărie, de repeziciune, de gesturi.

Sîntem puși în fața alternativei de *a nu folosi* teoria informației sau de a căuta căi care să ne ducă la *aproximații* plauzibile și utilizabile (A.A. Blank și H. Quastler, 1954). Este clar că trebuie să optăm pentru ultima soluție.

În multe cazuri, chiar și estimarea unor *limite* (sau a unei limite) poate fi interesantă: de pildă demonstrația lui Ehret (1958) după care cîțiva biți *ar putea fi* îndeajuns pentru a specifica natura structurilor citoplasmice. Dar, după cum arată Quastler, măsurile sînt prețioase atunci cînd estimări *independente* duc la valori asemănătoare.

Exemplele ce pot fi găsite în biologie (sau psihologie) pentru astfel de concordanțe sînt puține. De multe ori căile diferite de abordare duc la valori *diferite*, deși fiecare măsură este legitimată: dar, „ca și toate abstracțiile, măsurile informaționale nu sînt adevărate sau false, ci sînt numai mai mult sau mai puțin folositoare".

O măsură informațională nu poate defini un anumit mecanism, dar poate impune anumite condiții pe care „tabelele de intrări și ieșiri" (și, prin implicație, mecanismele) trebuie să le îndeplinească. Astfel, în problema codului genetic (ADN-proteină), analiza informațională (Gamow) a arătat că trebuie să intervină triplete, dar nu a putut preciza *care* este codul respectiv. Analiza informațională ne poate servi *să respingem* un anumit

mecanism propus; ea nu poate fi folosită pentru *a demonstra* un mecanism.

Mai departe trebuie subliniat faptul că măsurile informaționale nu sînt definite pentru apariții istorice particulare („evenimente" în sens vulgar) sau pentru obiecte *existente* individuale, ci pentru mulțimi (colecții, ansambluri) de evenimente care *pot* să apară, sau de obiecte care *ar putea* să fie. Măsurile informaționale sînt descriptive pentru operații prin care un *item* particular este selectat dintr-un set de *itemi* posibili — și sînt asociate cu întregul set. Ansamblurile sînt specificate prin elemente, prin clasificarea la care acestea sînt supuse, prin probabilitățile asociate, de aceea este posibil să calculăm funcțiile informaționale pornind de la cunoașterea sistemului, însă nu e posibil să obținem cunoașterea sistemului pornind de la funcțiile informaționale (un același set de funcții fiind compatibil cu oricare număr de sisteme concrete).

„Capabilitatea (capacitatea) informațională" reprezintă o limită superioară a performanțelor informaționale; dar acestea din urmă pot fi mult depărtate de această limită. Capacitatea canalului poate fi utilizată numai parțial (fracțional), codarea poate fi ineficientă etc. Astfel, vom vedea că numai o mică parte din specificitatea macromoleculei proteice este folosită în reacția antigen-anticorp.

S-ar putea spune deci că „aplicațiile calitative și semicalitative ale conceptelor informaționale sînt cele mai importante contribuții ale teoriei informației la biologie"[36].

După părerea noastră, în multe sectoare ale biologiei și ale științelor „derivatelor vieții" (psihologie, sociologie, lingvistică etc.), considerațiile *semicantitative* sînt de o importanță extremă[37].

[36] H. Quastler, *op. cit.*, p. 190.

[37] Aceasta o subliniem *în opoziție* cu afirmația lui Kelvin: cunoașterea este satisfăcătoare numai dacă o putem exprima prin numere.

CONEXIUNEA DINTRE PROBABILITATE ȘI INFORMAȚIE

„Entropia lui C.E. Shannon este o măsură a gradului de nedeterminare pe care îl conține un cîmp de probabilitate finit, deci o măsură a gradului de nedeterminare[38] pe care o conține un experiment sau o variabilă aleatoare care pun în evidență un astfel de cîmp de probabilitate finit. Această entropie măsoară în același timp cantitatea de informație pe care o conține un cîmp de probabilitate finit, respectiv cantitatea de informație pe care ne-o furnizează un anumit experiment sau o anumită variabilă aleatoare care pun în evidență un cîmp de probabilitate finit... Ambele interpretări sînt justificate. Într-adevăr, diferența dintre cele două interpretări constă numai în poziția pe care o avem față de experimentul a cărui entropie ne interesează. Astfel, dacă ne imaginăm pe noi înșine într-un moment *anterior* desfășurării unui experiment care poate avea n rezultate posibile, cu probabilitățile $p_1, ..., p_n$, în acest caz, entropia $H_n(p_1, ..., p_n)$ măsoară nedeterminarea pe care o avem, nedeterminarea pe care o conține experimentul cu privire la rezultatul experimentului respectiv. În schimb, dacă ne imaginăm pe noi într-un moment *posterior* desfășurării experimentului, entropia... măsoară cantitatea de informație pe care am obținut-o de la experimentul în cauză"[39].

Dezvoltarea din ultimii douăzeci de ani a teoriei informației se datorește aproape exclusiv probabiliștilor. Ei au considerat că e foarte natural ca, plecînd de la noțiunea fundamentală de probabilitate *(concept primar)* să se obțină, pe baza ei, noțiunea de asemenea fundamentală — de informație. Totuși, este posibil ca *să se determine și probabilitatea pe baza informației.* Pentru cei care iau noțiunea de informație în accepția ei clasică (în accepția Shannon) este „evident" că

[38] Sau incertitudine (evenimentul sigur, cu $p = 1$, este evenimentul cert).

[39] S. Guiașu, *Aplicații ale teoriei informației*, p. 18.

noțiunea de informație este o noțiune de mai mare generalitate decît noțiunea de probabilitate, astfel încît *conceptul de informație este primar față de conceptul de probabilitate* [40].

Prima încercare de axiomatizare a teoriei informației, astfel încît probabilitatea să fie *dedusă*, iar conexiunea între concepte să fie dată de către formula entropiei lui Shannon, a fost făcută de către fizicianul R. S. Ingarden și matematicianul K. Urbanik, în 1962 [41]. Informația este definită ca o funcție reală regulată H, avînd cinci proprietăți distincte [42], și se demonstrează că la o anumită informație corespunde o anumită probabilitate, astfel încît să fie satisfăcută relația lui Shannon [43]. Dezavantajul axiomaticii date de Ingarden și Urbanik constă în forma foarte complicată a axiomelor cerută noțiunii de informație (forma rămîne complicată și în versiunea „simplificată" dată de Ingarden în 1965). Este de fapt foarte dificil să analizăm intuiția noastră asupra noțiunii de informație cînd ne ocupăm de informația globală H pe care o conține un cîmp de probabilitate.

În 1967, Kampé de Feriet și B. Forte au propus [44] o cale considerabil mai simplă. Ei au luat ca noțiune primară informația pe care o conține un singur eveniment (pe care o furnizează realizarea unui singur eveniment). Această teorie *locală* a informației și probabilității este verificabilă din punct de vedere intuitiv; patru axiome sînt suficiente pentru a construi teoria. În afară de axiomele de monotonie, de reuniune și de continuitate, autorii propun o *axiomă a valorilor*

[40] S. Guiașu, *op. cit.*, p. 315.

[41] R. Ingarden și K. Urbanik. *Information without probability*, „Coll. Nath", 1962, vol. 9, p. 281—304.

[42] Ele sînt monotonia, indiscernabilitatea, normalizarea și: a) o anumită legătură dintre informația unei algebre și a subalgebrelor sale; b) caracterul local al informației.

[43] S. Guiașu și R. Theodorescu. *Teoria matematică a informației*, București, Editura Academiei R.S.R., 1966, p. 32 și urm.

[44] I. Kampé de Feriet et B. Forte. *Information et probabilité*, C. R. de l'Academie de Sciences, Paris, 1967, vol. 265, séries A et B, p. 110, 142, 350 și urm.

extreme: evenimentul sigur nu conține nici o informație, iar evenimentul imposibil conține o informație infinită. Informația este o funcție convexă căreia i se impune restricția axiomei reuniunii; o astfel de funcție este $f(x) = -\log x$ [45]. Mai exact, formula lui Shannon pentru informație

$$I(A) = -\log P(A)$$

se arată a fi numai *una* dintre dependențele posibile între informație și probabilitate, în cazul în care sînt satisfăcute anumite axiome, ca și condiția coincidenței dintre independența informațională și cea probabilistă.

O altă concluzie importantă a acestui demers (de la informație spre probabilitate) o constituie posibilitatea *construirii* probabilității cu ajutorul teoriei „independente" a informației (adică cu ajutorul teoriei pentru care informația e un concept primar), acolo unde nu dispunem de un material de masă pentru evaluarea probabilităților care intervin într-o anumită problemă. Folosim *principiul informației maxime*: construim adică acea repartiție aleatoare care face maximă nedeterminarea, rămînînd compatibilă cu datele de care dispunem. Se poate arăta astfel că, pornind numai de la valoarea medie și de la dispersie, ajungem la repartiția gaussiană [46].

TEORIA INFORMAȚIEI ȘI TERMODINAMICA

Expresia fundamentală a teoriei informației — entropia *abstractă* — a fost denumită (sau chiar construită) prin analogie cu expresia omonimă (entropia concretă) din termodinamica statistică (Wiener, Shannon). Considerațiile privind transmisia mesajelor prin canale cu

[45] O expunere simplificată și clară se găsește în S. Guiașu. *Aplicații ale teoriei informației*, p. 314—323.

[46] Ne întrebăm dacă, în acest caz, nedeterminarea nu are o valoare obiectivă *reflectată* în incertitudinea noastră (repartiția gaussiană este pe deplin determinată de medie și de dispersie; aceasta este informația maximă care ne este necesară).

zgomot (Shannon) au întărit ideea că analogia are o bază profundă, *ontologică*. Au apărut opiniile după care teoria informației nu este decît un capitol al termodinamicii. Asemenea opinii pornesc de la unele confuzii și au generat altele. De fapt există o legătură între „universul" energetic și cel informațional, și acestei legături îi consacrăm o bună parte din lucrarea de față. Dar — așa cum au insistat A. M. Iaglom și I. M. Iaglom [47] — analogiile fizice sînt neesențiale pentru toate dezvoltările matematice ale teoriei și pentru numeroase aplicații. Pentru Bar-Hillel, încercările de a „identifica" termodinamica cu teoria informației „comunicaționale" (și chiar termodinamica cu logica) sînt doar încercări „de a face să explodeze căi învechite de gîndire și de a obliga lumea să studieze mai adînc decît pînă acum temeliile termodinamicii".

Însă autorul găsește complet inacceptabilă ușurința cu care conceptul de entropie fizică, deci un concept empiric, poate fi identificat cu conceptul de informație semantică, care este un concept logic — și aceasta în ciuda recentelor atacuri duse de excelenți logicieni (W. V. Quine, 1960) împotriva dicotomiei logic-empiric [48]. Unii fizicieni (ca și J. v. Neumann) obișnuiesc să spună că entropia fizică (termodinamică) este un concept care depinde de starea cunoștințelor (sau de cunoaștere) a observatorului. Dar aceasta *e incorect:* entropia fizică nu este un concept psihologic, această funcție nu poate fi dependentă, în nici un fel, de observator. Introducerea observatorului este aici un simplu „mod de a vorbi".

Totuși, acest „mod de a vorbi" a dus la rezultate remarcabile în tratarea matematică a mecanicii statistice. Astăzi, problemele esențiale ale acesteia sînt privite ca probleme particulare referitoare la *sistemele dinamice cu condiții inițiale aleatoare* și „tocmai la acest punct teoria informației a permis să se obțină rezultate generale, simple și calculabile" [49].

[47] A. M. Iaglom și I. M. Iaglom. *Probabilitate și informație*, București, Editura didactică și pedagogică, 1963, p. 45.

[48] Y. Bar-Hillel, *op. cit.*, p. 309.

[49] S. Guiașu. *Aplicații ale teoriei informației*, p. 47.

Ne referim în primul rînd la lucrările lui E. T. Jaynes (1957), pornind de la *principiul informației maxime*, pe care l-a formulat ca o extensie a principiului „rațiunii insuficiente" a lui Laplace. Reamintim că, după principiul lui Laplace, mai multe evenimente sînt considerate echiprobabile, dacă nu există nici un fel de date, de probe sau de motive care să ne permită a le considera altfel. După principiul informației maxime (sau al nedeterminării maxime), se consideră drept repartiție aleatoare a punctului reprezentativ al unui sistem dinamic (în spațiul corespunzător al fazelor) acea repartiție aleatoare care face maximă informația, sau nedeterminarea, dar este compatibilă cu datele pe care le avem asupra sistemului dinamic respectiv [50].

Cu ajutorul acestui principiu, Jaynes a obținut „rapid și elegant" repartițiile aleatoare de bază care intervin în mecanica statistică cuantică și fundamentarea termodinamicii stărilor de echilibru [51]. S. Guiașu arată că principiul informației maxime nu trebuie privit ca un mod subiectiv de introducere a probabilității, ci în primul rînd ca o cale de a confrunta consecințele posibile ale unei ipoteze probabiliste cu rezultatele experienței, atunci cînd nu avem la dispoziție un material statistic de masă sau atunci cînd conceptul de probabilitate reflectă „ignoranța noastră asupra fenomenului care are loc sau gradul de nedeterminare care intervine în problema respectivă"; de asemenea, atunci cînd „probabilitatea are un caracter obiectiv și se impune evaluarea ei pe baza datelor obiective... care ne stau la dispoziție". Astfel principiul constituie „cel mai obiectiv criteriu subiectiv de introducere a probabilității" [52].

Pentru Jaynes, principiul informației maxime este *singurul postulat* al mecanicii statistice. De fapt, postu-

[50] *Op. cit.*, p. 77.

[51] E. T. Jaynes. *Information theory and statistical mechanics*, „Phys. Rev.", 1957, vol. 106, p. 620—630, și 1957, vol. 108, p. 171—190.

[52] S. Guiașu, *op. cit.*, p. 79—80. Sfera de aplicabilitate a acestui principiu include și capitole de statistică matematică, de teoria deciziei și de teoria estimației.

latul echipartiției probabilităților, devenit acum formă particulară a principiului sus-citat, este aplicat explicit sau implicit în tratarea clasică a problemelor. Grație acestor postulate se ajunge de la valori medii (funcții de stare) la o anumită repartiție de tip exponențial, care — în cazul sistemelor conservative — este repartiția canonică a lui Gibbs. Însă modelul informațional se aplică nu numai sistemelor mecanice clasice sau cuantice, nu numai sistemelor conservative, ci oricăror sisteme mecanice și chiar oricăror sisteme dinamice cu condiții inițiale aleatoare [53].

Două stări microscopice ale unui sistem mecanic microscopic sînt echivalente dacă ele corespund aceleiași stări macroscopice a sistemului dat. Pornind de la această definiție, stările sistemului se pot grupa în *clase de echivalență*. Teorema 1.1.8 a lui S. Guiașu [54] ne arată atunci că entropia stărilor macroscopice ale sistemului microscopic dat evoluează într-un singur sens, și anume în sens crescător. Este demonstrația informațională a teoremei H a lui L. Boltzmann. Interesant este faptul că acest rezultat se poate obține fără a folosi principiul informației maxime.

Se știe că teorema H a lui Boltzmann stabilește ireversibilitatea macrofenomenelor (ceea ce, de altfel, se confirmă și experimental); totodată ea dă un criteriu pentru definirea sensului timpului. Teorema H a stîrnit numeroase discuții. S. Loschmidt a formulat „paradoxul reversibilității" : legile mecanice sînt reversibile (invariante în raport cu transformarea timpului t în $-t$), în timp ce fenomenele macroscopice sînt ireversibile. E. Zermelo a arătat că evoluția crescătoare a entropiei este în contrazicere cu teorema de recurență a lui H. Poincaré, potrivit căreia un sistem mecanic conservativ poate să se întoarcă oricît de aproape de starea inițială. P. și T. Ehrenfest (1911) au fost cei dintîi care au încercat să împace lucrurile, pe baza unui model aleator de tip lanț Markov finit. Demonstrațiile ulterioare ale teoremei H au pornit însă, în

[53] S. Guiașu, *op. cit.*, p. 154—155.
[54] *Op. cit.*, p. 68.

continuare, de la postulatul reversibilității microscopice — „călcîi al lui Achile" al acestor tentative [55].

Or, S. Guiașu a reușit (1965) să ofere o demonstrație care nu utilizează nici reversibilitatea temporală a ecuațiilor de mișcare, nici presupuneri (explicit) aleatoare. El admite doar transformarea biunivocă a spațiului fazelor pe el însuși; oricare ar fi probabilitățile de trecere de la o stare macroscopică la alta

$$\ldots \leqslant H_{t_k} \leqslant H_{t_{k+1}} \leqslant \ldots$$

H este aci, evident, o mărime din teoria informației [56].

INFORMAȚIE ȘI NEGENTROPIE (L. BRILLOUIN)

L. Brillouin consideră probleme care „comportă un anumit număr de răspunsuri posibile atunci cînd nu posedăm informații speciale asupra situației date". Informația parțială *reduce* numărul răspunsurilor posibile și de aceea este o funcție a raportului dintre răspunsurile posibile înainte (P_0) și după ce (P) a fost primită. Informația *totală* duce la un singur răspuns [57]. Cea mai „comodă" funcție crescătoare a raportului P_0/P este funcția logaritmică. Dacă avem în față două probleme independente una de alta, avînd P_0 respectiv Q_0 soluții echiprobabile, numărul total al perechilor obținute cuplînd o soluție oarecare a primei probleme cu o soluție oarecare a celei de-a doua este

$$R_0 = P_0 \cdot Q_0.$$

Acestea sînt stările inițiale ale *problemei globale*. Stările finale vor fi (analog)

$$R = PQ$$

[55] Vezi S. Guiașu. *Modelarea probabilistă în mecanică : mecanica statistică*, în „Revista de filozofie", 1967, vol. 14, nr. 8, p. 877—890.
[56] S. Guiașu și R. Theodorescu. *Teoria matematică a informației*, p. 205—209.
[57] L. Brillouin. *La science et la théorie de l'information*, Masson, Paris, 1958, p. VIII.

iar informația H va corespunde, conform definiției, la

$$H = \frac{P_0 Q_0}{PQ}.$$

Pare natural ca informația necesară rezolvării problemei globale să fie suma informațiilor I și J necesare rezolvării fiecăreia dintre problemele individuale. La adunarea $H = I + J$ (sumă de informații) corespunde un *produs* de raporturi. Aceasta este justificarea alegerii funcției logaritmice pentru a măsura *cantitatea* de informație (pe scurt : informația). Pentru cazul informației totale ($P = 1$) :

$$I = K \log \frac{P_0}{P} \rightarrow I = K \log P_0.$$

Cum răspunsul la orice problemă poate fi găsit printr-un șir de alegeri binare (sau — ceea ce este echivalent — trecînd printr-un șir de răscruci într-o rețea dicotomică de drumuri), este comod să folosim logaritmul în baza 2 cînd definim unitatea de măsură [58]. Și pentru Brillouin (ca și pentru Wiener și Shannon), măsura logaritmică a informației [59] și formula logaritmică a entropiei termodinamice exprimă — sub analogia lor formală — o legătură profundă [60]. Cheia înțelegerii acestei legături o dă principiul lui Carnot. Entropia termodinamică S măsoară *degradarea* energiei : căci două cantități de energie echivalente (sau egale) nu au întotdeauna aceeași valoare efectivă, căldura neputînd fi transformată total în lucru. În loc să spunem că entropia crește în transformările ireversibile (care sînt cele reale, naturale), ar fi preferabil să spunem că a scăzut *negentropia* $N (N = -S)$. În loc să spunem

[58] Reamintim că, pentru a alege între stări, avem nevoie de p alegeri binare, în așa fel ca să avem $2^p = n$.

[59] G. Th. Guilbaud observă că definiția bitului prezintă asemănări cu definiția decibelului din acustică. Temeiurile logaritmării sînt însă (cel puțin pentru noi) diferite.

[60] L. de Broglie vedea în această idee „cea mai frumoasă și cea mai importantă dintre ideile sugerate de cibernetică".

că mașina consumă energie, ar fi mai corect să spunem că ea a consumat negentropie.

După Boltzmann și Planck, în viziunea statistic-mecanică a termodinamicii, entropia unui sistem este proporțională cu logaritmul complexiunilor posibile ce corespund unei anumite stări macroscopice :

$$S = K \log P,$$

unde (pentru cazul că folosim logaritmii naturali) $K = 1{,}38 \times 10^{-16}$ erg/grad. Cu alte cuvinte, existența unei anumite stări macroscopice este o „problemă" care are P soluții microscopice posibile și, pentru a o „rezolva", am avea nevoie de informație. După primirea unei informații parțiale, numărul complexiunilor considerate scade, deci și entropia. Brillouin numește *informație legată* cea care se întîlnește „atunci cînd cazurile posibile pot fi interpretate ca diversele aspecte ale unui sistem fizic" [61].

O „problemă" din aceeași categorie s-ar pune demonului lui Maxwell (1871), pe plan microscopic de astă dată. Separarea moleculelor după viteza lor ar permite o scădere a entropiei, realizarea unui *perpetuum mobile* de speța II care să funcționeze cu o singură sursă de căldură etc. Dar acest demon (sau un mecanism echivalent) are nevoie de *informații* despre molecule. Pentru a le obține, el trebuie să cheltuiască „energie" (negentropie) (de exemplu, luminîndu-le). Efortul pentru a pune în acțiune informația duce, în cele din urmă, la o cheltuială de negentropie superioară aceleia cîștigate. Așadar : 1° demonul poate *să transforme informația în negentropie*, informația poate fi exprimată în unități de negentropie ; 2° dar suma : (negentropie + informație) nu poate decît să descrească sau să rămînă constantă (principiul lui Carnot generalizat). În acest fel Brillouin încearcă *să dea un caracter obiectiv informației.*

Este însă evident că „simplul fapt al cunoașterii unui sistem nu face să varieze caracteristicile fizice

[61] Termenul este folosit în alt sens de alți autori.

ale acestui sistem". Dacă „după primirea informației" a scăzut, de pildă, numărul complexiunilor posibile, aceasta presupune că sistemul s-a schimbat „prin acțiunea mea asupra lui, devenită posibilă datorită informației". *Informația este negentropie potențială*, sau virtuală, adică se transformă în negentropie abia printr-o *acțiune* ce determină procese materiale (ducînd practic la o nouă creștere a entropiei), dar care cere să fie alimentată energetic [62]. Un „randament al informației" va exprima raportul dintre informație și negentropie.

Pentru noi este semnificativ faptul că Guillaumaud vorbește despre *analogia* dintre informație și negentropie acolo unde Brillouin vedea *echivalență* [63]. Temeiul acestei analogii este, firește, probabilitatea. Creșterea entropiei termodinamice măsoară evoluția spre stări „mai probabile", pentru că complexiunile finale *cuprind* printre ele și complexiunile inițiale; totodată măsoară o evoluție spre *dezordine*, care nu poate fi inversată decît pe baza unei informații corespunzătoare. Însă această informație este numai o *condiție* pentru reconstituirea stării inițiale; este necesară — pentru această reconstituire — o „cheltuire de negentropie". Altfel spus, „dacă ordinea este distrusă, este necesar să obținem pentru a o reconstitui cantitatea de informație pe care ea o implică" [64]. *Utilizarea* informației pentru a micșora entropia nu este pur și simplu o *transformare* a informației în „negentropie permanentă", cum însuși Brillouin se exprimă undeva [65]. Pe scurt, informația se obține cu prețul unei negentropii, și nu „echivalează" cu negentropia decît prin intermediul unui proces material care consumă negentropie.

[62] J. Guillaumaud. *Cibernetica și materialismul dialectic*, București, Editura științifică, 1967, p. 137—138.

[63] Echivalența „numerică" nu este întotdeauna expresia unei *înrudiri*; poate fi și expresia unei *reflectări* și încă — așa cum sugerează Mircea Dumitrescu— corespondența între *capacitatea* unui vas și *volumul* material care-l poate umple.

[64] J. Guillaumaud *Op. cit.*, p. 144.

[65] L. Brillouin. *Vie, matière et observation*, Paris, A. Michel, 1959, p. 109.

Mai trebuie să menționăm că bilanțul negentropiei este greu de stabilit. În cazul unei intervenții umane, de exemplu, ar trebui să ținem seama de contribuția anatomiei și fiziologiei sale, a experienței proprii, a trecutului filogenetic (*negentropie structurală*, după Brillouin).

★

O. Costa de Beauregard [66] consideră că există două aspecte de bază ale informației: *informația — dobîndire de cunoștințe* și *informația — putere de organizare*. Aceste aspecte fuseseră sesizate cîndva și de Aristotel; se găsesc (exprimate în alți termeni) în opera unui H. Bergson și P. Teilhard de Chardin, dar au fost puse în evidență clar de către cibernetică. Evoluția în sensul lui Carnot (evoluția spre o entropie crescîndă) este un proces pasiv; procesul dobîndirii de informație este un proces *relativ pasiv* și care implică o creștere a entropiei (o scădere de negentropie). Dar convertirea informației în negentropie, procesul (activ al) *acțiunii* este un proces mult mai dificil. Autorul se întreabă dacă asimetria *de facto* între informație-cunoaștere și informație-acțiune nu ține de micimea constantei k a lui Boltzmann.

ENERGIA INFORMAȚIONALĂ (ONICESCU)

După cum se știe, entropia shannoniană poate servi ca un barometru al stării de organizare a sistemelor; entropia crește de la O la log m, cînd dezorganizarea crește de la un sistem complet organizat pînă la dezorganizarea totală. *Practic*, valoarea entropiei este evaluată cu ajutorul frecvențelor (relative):

$$H(A) = -\Sigma f_i \log f_i$$

[66] Cf. *Știință și sinteză*, București, Editura politică, 1969, p. 203—206, p. 241, p. 323 și urm.

O. Onicescu observă că $H(A)$ este valoarea medie a logaritmului probabilităților (frecvențelor) și se întreabă dacă valoarea medie a probabilităților

$$E = \Sigma p_i^2 \approx \Sigma f_i^2$$

nu este un element „cu o capacitate egală de reprezentare". Considerăm că frecvența f_i este singura informație pe care o avem despre apariția evenimentului $A_i \cdot E$ este *energia informațională*. Ea crește cu starea de organizare a sistemului de la valorea $\frac{1}{m}$ (sistem total dezorganizat) la valoarea 1 (sistem complet organizat). Denumirea de *energie* vine de la forma pătratică a expresiei, dar și de la faptul că predominarea netă a unei stări asupra celorlalte este expresia unui sistem energetic marcant. Pentru sisteme continue calculăm :

$$\int \rho^2(x)dx;\ \rho(x) = \frac{dF(x)}{dx}.$$

Este derivata funcției de repartiție a informației, „deci chiar o formă specifică a energiei" [67].

O. Onicescu consideră și o *energie informațională aditivă*

$$e = -\log_2 E$$

cu o variație de același sens ca cea a entropiei (de la $\log_2 m$ la 0).

Limita inferioară a lui E are loc în cazul în care toate frecvențele sînt egale, cînd nu s-a produs nici o diferențiere în *distribuția* elementelor componente. Iată de ce E este de o reală utilitate în cercetările statistice (tabele economice, biometrice etc.), exprimînd concentrarea orientată a elementelor componente. Amploarea variației acestui indicator, calculat succesiv în raport cu diferiți factori cauzali prezumptivi, poate semnala existența unei corelații între fenomenele cercetate și aprecierea intuitivă a acestei corelații. Indicatorul nu dă „informații" utile atunci cînd se produce o concentrare (alternativă) la mai multe caracteristici.

R. Cresin (care a aplicat indicatorul E la studiul factorilor biologici și sociali ai longevității) a propus un *indice ajustat*, care variază, pentru orice m, de la 0 la 1 [68].

$$E' = \frac{\Sigma f_i^2 - \frac{1}{m}}{1 - \frac{1}{m}}.$$

Entropiile de diverse ordine ale sistemelor pot fi privite drept caracteristici informaționale ale aspectului *dinamic* al sistemelor, în succesiunea stărilor lor; energia informațională este o caracteristică a unei *stări* (a aspectului static la un moment dat). Energia informațională poate fi analogată energiei cinetice *și* pentru că prima *scade* o dată cu indeterminarea, în timp ce entropia *crește* (entropia informațională în primul caz, cea termodinamică în celălalt). S. Marcus [69] a aplicat calculul lui E la analiza textelor poetice, postulînd o relație a valorii sale cu „vivacitatea" lor.

INFORMAȚIE ȘI ORDINE

Problema *examinării cantitative a ordinii* în sistemele biologice a fost pusă cu claritate pentru prima oară de către Schrödinger [70]. El a afirmat că „obiectele

[67] O. Onicescu. *Energia informațională — componentă a unui barometru statistic al sistemelor*, în „Revista de statistică", 1966, nr. 11, p. 4—5; O. Onicescu. *Energie informationelle*, „Comptes Rendus de l'Academie des Sciences", Paris, 1966, t. 263, p. 841—842.

[68] Fie A_1 alcătuit din stările $f_1 = 0{,}50$, $f_2 = f_3 = 0{,}25$, iar A_2 alcătuit din stările $f_1 = 0{,}50$, $f_2 = f_3 = f_4 = f_5 = 0{,}125$. Calculul arată că $E_1 = 0{,}38$ (la o limită inferioară de 0,33) și $A_2 = 0{,}31$ (la o limită inferioară de 0,20). În schimb, $E_1' = 0{,}06$, iar $E_2' = 0{,}14$.

[69] S. Marcus. *Entropie et énergie poétique*, în „Cahiers de linguistique théorique et appliquée", 1967, vol. 4, p. 171 și urm.

[70] E. Schrödinger. *What is life?* Cambridge, University Press, 1944.

vii se hrănesc cu ordine" și, mai precis, că ele se hrănesc pentru că au nevoie de o alimentare continuă cu ordine (ordine „proaspătă"), și nu cu energie sau cu materie (substanță). Nevoia de ordine presupune că undeva se *pierde* ordine, dar aceasta nu înseamnă că nu există procese în care *nu* se pierde ordine, care decurg după modelul ceasornicului. Este cazul pe care Schrödinger l-a numit „geneza ordinii din ordine"; el a bănuit că transmisia caracterelor ereditare de la o generație la alta decurge după acest tip. În termenii teoriei informației, se poate spune că Schrödinger este cel care a formulat pentru prima oară ideea că „informația este comoditatea cea mai prețioasă pentru obiectele vii" (Quastler); pierderea ordinii echivalează cu existența „zgomotelor".

Din punct de vedere energetic, Schrödinger a echivalat ingestia de alimente cu ingestia de „entropie negativă". Ordinea biologică este o scădere a entropiei (termodinamice) (Bergson). Animalele introduc compuși cu entropie mică și-i transformă în compuși mai simpli cu entropie mai mare. În felul acesta, organismului i se furnizează energie utilă. Această folosire a entropiei pentru creșterea ordinii specifice (sinteză de compuși macromoleculari, creștere, diferențiere) înseamnă apariția ordinii din dezordine.

După Quastler, teoria informației (în unele aplicații biologice) nu face decît să ducă mai departe ideile de mai sus. „Conceptele de bază ale teoriei informației... stabilesc posibilitatea de a asocia măsuri precise (deși relative !) cu lucruri ca forma, specificitatea, legitatea, structura, gradul de organizare. Această perspectivă a introdus conceptele informaționale în gîndirea multor biologi. Rezultatele aplicațiilor conceptuale se întind de la un modernism inofensiv al limbajului pînă la raționamente foarte serioase. În particular, conceptele informaționale par să ducă de la sine, cu ușurință, la problemele apariției și distrugerii ordinii în sisteme complicate" [71].

[71] H. Quastler, *op. cit.*, p. 188—189.

★

Și pentru H. Yockey (1958), „teoria informației își găsește locul în gîndirea biologică grație capacității sale de a se ocupa în mod cantitativ cu organizarea și cu specificitatea". Problema centrală a eredobiologiei este „depozitarea și transferul de specificitate", iar cercetările contemporane au redus-o la problema „depozitării și transferului de specificitate biochimică". Pentru că teoria informației are de-a face cu *probleme organizaționale*, numai unele aspecte ale organismului o interesează. „*În acest sens* se poate spune că rolul pe care teoria informației îl va juca în biologie poate fi pus în paralel cu cel jucat de termodinamică în fizică și în chimie" [72].

Pentru H. J. Morowitz, „teoria informației este o disciplină care poate fi utilă pentru a cantifica ordinea și specificitatea în structurile biologice" [73].

Fr. Bonsack (1961) introduce distincția (interesantă) dintre *ordine spontană și ordine arbitrară.*

Un cristal are o structură ordonată, însă nu putem spune că are o structură de înaltă specificitate. Cristalele se formează spontan în anumite împrejurări; mai bine zis, formarea lor este obligatorie în acele împrejurări. Orice sistem analog, așezat în condiții analoge, ar lua aceeași structură. Specificitatea este nulă [74]. „Pentru ca să existe specificitate și organizare veritabilă, sistemul în cauză trebuie să fie oarecum liber, în măsură să ia un anumit număr de forme în mod independent. Trebuie să existe o anumită plasticitate, o anumită variabilitate; într-un cuvînt, o anumită entropie. Mai trebuie apoi ca un terț, ca ceva transcendent în raport cu sistemul, să intervină pentru a-l pune într-o anumită stare bine definită, care are atunci o anumită specificitate în raport cu toate stările

[72] H. P. Yockey, *op. cit.*, p. 50—52.

[73] H. J. Morowitz, *op. cit.*, p. 276.

[74] Dar o *anumită* formă cristalină *are* o specificitate morfologică (geometrică) dacă referențialul este alcătuit din cele 256 tipuri de cristalizare.

posibile. Un exemplu: mesajul. Există un sistem capabil să ia numeroase forme; printre acestea, expeditorul, transcendent în raportul cu sistemul, alege una singură".

DUALISMUL „MATERIE-FORMĂ" (BONSACK)

Fr. Bonsack [75] înţelegea prin *formă* ceea ce se schimbă în procesul considerat, spre deosebire de „materie" (sau — mai bine — de „material"). Ceea ce este inform poate deveni, prin structurare, *in-format*, adică să prezinte o „repartiţie relativă a neomogenităţilor într-un spaţiu dat". Distincţia formă/materie este convenţională şi este propusă dintr-un punct de vedere epistemologic. Autorul distinge o *formă valoroasă*, pe care o numeşte „ordine", şi o *formă oarecare*, pe care o numeşte „dezordine". Interesul pentru teoria informaţiei ţine de posibilitatea de a o folosi în vederea aprecierii cantitative a formei şi a ordinii.

Bonsack numeşte *entropie* (informaţională) măsura variabilităţii tipurilor de mesaje (a diversităţii lor potenţiale, a varietăţii colecţiei căreia îi aparţine un mesaj). Colecţia respectivă este *referenţialul*. Entropia este maximă cînd elementele unui mesaj sînt reciproc independente şi echiprobabile; *legăturile* între elemente scad entropia şi o diferenţă H de entropii ne poate indica (asemenea unui coeficient de corelaţie) existenţa şi rigurozitatea legăturilor.

Entropia *termodinamică* corespunde şi ea unei variabilităţi. Principiul lui Carnot desemnează evoluţia spre stări din ce în ce mai „variabile", mai „diverse". Stările primitive devin improbabile dacă sînt văzute din perspectiva finală. Fr. Bonsack vorbeşte despre *principiile lui Carnot* reexaminînd critic generalizările propuse de Brillouin şi de Shannon. Specificitatea unui mesaj nu poate creşte atunci cînd are loc o transmisie sau o traducere; specificitatea unei structuri ordonate

[75] Fr. Bonsack. *Information, thermodynamique, vie et pensée*, Paris, Gauthier—Villars, 1961.

nu poate decît să descrească atunci cînd aceasta este supusă unei perturbaţii aleatoare. Un sistem „abandonat sieşi" îşi pierde valoarea.

Cu privire la *geneza informaţiei*, Bonsack critică soluţia dată de Brillouin (1953) problemei *cópiilor*. Acesta din urmă admite că trebuie să cheltuim negentropie pentru a *citi* cópiile. De fapt, cînd se *execută* o copie se ordonează material, ceea ce consumă negentropie. Dar din punctul de vedere al teoriei informaţiei, creşterea informaţiei cu ajutorul cópiilor nu este decît aparentă.

Cum se constituie *originalele?* Bonsack propune o *paradigmă* a creaţiei: variaţie, selecţie, reproducere — ca o generalizare a darvinismului.

Entropia (informaţională) poate fi privită şi ca o măsură a *specificităţii* unui *singur* mesaj. Specificitatea este legată de *improbabilitatea* unei alegeri. De fapt, specificitatea este analogă unei diferenţe de potenţial; comparaţia este a celor doi Iaglom, pentru care *cantitatea de informaţie* este o *diferenţă de entropii*. Dacă H_0 este entropia referenţialului, iar H_1 este entropia clasei privilegiate

$$S_p = H_0 - H_1$$

În cazul *transmisiei unui mesaj*, informaţia R realmente transmisă („cantitatea de transmisie", Bodiou, 1956) se exprimă tocmai printr-o diferenţă de entropii:

$$R = H(y) - H_x(y)$$

Această ecuaţie se poate interpreta obiectiv, căci avem de-a face cu specificitatea a două colecţii de mesaje *efectiv realizate; R* e măsurată prin specificitatea celei de-a doua colecţii în raport cu specificitatea primei.

Pornind de la aceste premise, Fr. Bonsack încearcă să construiască „o teorie generală a structurilor ordonate, a complexiunilor, astfel încît termodinamica şi teoria informaţiilor să nu fie decît aplicaţii particulare" ale ei. Bonsack trece în revistă relaţiile dintre specifi-

citate și (exigența de) precizie; consideră că specificitatea este o premisă pentru valoare. Pierderea specificității nu este însă proporțională cu pierderea de valoare.

INFORMAȚIE ȘI ORGANIZARE

G. Zapan a propus constituirea unei „științe a organizării" pe care a numit-o *taxiologie* — știință care ar avea, firește, numeroase puncte de contact (sau chiar zone de intersecție) cu cibernetica, dar nu i s-ar suprapune. În orice caz, instrumentul matematic folosit se inspiră din teoria informației elaborată de Shannon. În timp ce entropia H a lui Shannon este maximă pentru echiprobabilitate și — în cazul a două clase de evenimente — pentru un $p>0{,}50$ ea scade din nou, gradul de organizare H' este dat de un indice cu creștere monotonă [76]. Presupunem că evenimentul preferențial este reprezentat de reacții bune, iar evenimentul contrar este reprezentat de erori; fie p și $(1-p)$ probabilitățile corespunzătoare; atunci H reprezintă „incertitudinea, dezordinea, haosul", iar H' (negentropia) reprezintă gradul de organizare și de progres :

$$H = -\Sigma p_i \log p_i = -p - (1-p)\log(1-p)$$

$$H' = \frac{p-0{,}5}{|p-0{,}5|}(1-H)+1 \quad (*)$$

Avem $H' = H$ sau $H' = 2 - H$, după cum $p \leqslant 0{,}50$ sau $p > 0{,}50$. Rezultă că dacă în învățarea unei activități se pornește de la un grad foarte redus

[76] G. Zapan. *Cibernetica activităților umane*, în „Analele Universității București", seria Științe sociale, 1964, p. 125. Expuneri de ansamblu, cu bibliografia lucrărilor autorului, sînt: *a) Cibernetica activităților umane cu aplicații*, în vol. II din *Sociologia militans*, București, Editura științifică, 1969, p. 56—100; b) *Extension of informational theory to evolutive processes with preferential events ans especially to the learning process*, în „Revue roumaine de sciences sociales-psychologie", 1969, vol. 13, nr. 2, p. 189—199.

de organizare H' a activității, atunci, pe măsură ce gradul de organizare crește, prin învățare și exercițiu, în aceeași măsură entropia H (adică incertitudinea, dezordinea, haosul) crește, devenind maximă, cu valoarea de 1 bit, pentru $p = 0{,}50$. Pentru cazul valorilor lui p mai mari decît 0,50 mergînd spre 1, gradul de organizare și progres H' crește, tinzînd spre valoarea maximă de 2 biți. În același timp, entropia H (incertitudinea, dezordinea, haosul) scade, tinzînd spre zero.

Așadar, în procesul învățării, dezordinea și ordinea, adică entropia și negentropia, „se dezvoltă la început în unitate și se manifestă ca o luptă a contrariilor". Semidoctul se „situează" la un $p = 0{,}50$.

După G. Zapan, formula lui Shannon este utilă pentru studiul problemelor de informație și de organizare în sistemele fizice. Pentru studiul *sistemelor evolutive cu evenimente preferențiale* este preferabilă formula (*) care *se inspiră* din formula lui Shannon și care este valabilă, de exemplu, pentru procesele de învățare cu un singur eveniment preferențial. Pentru cazul a n evenimente preferențiale, formula devine :

$$H'(H) = \left[\frac{p-0{,}5}{|p-0{,}5|}(1-H)+1\right]\log_2(n+1)$$

Se poate pleca însă și de la E, energia informațională a lui O. Onicescu, în care caz găsim :

$$H'(E) = \left[\frac{p-0{,}5}{|p-0{,}5|}(2E-1)+1\right]\log_2(n+1).$$

Ținînd seama că, prin definiție,

$$H'(H) \approx H'(E),$$

ajungem la relațiile

$$E \approx 1 - \frac{H}{2} \quad \text{sau} \quad H \approx 2(1-E).$$

Rezultatul poate fi exprimat în biți pentru sistemele cu două evenimente, dintre care unul este preferențial.

Aplicații ale indicilor $H'(H)$ și $H'(E)$ au fost încercate la studiul problemelor de ontogeneză și îmbătrînire (cu G. Acălugăriței, 1966—1968) și mai ales la studiul problemelor pedagogice.

LEGĂTURA INFORMAȚIONALĂ

Cu toate rezonanțele antropocentrice ale noțiunii de informație, este posibil să-i dăm *un sens fizic obiectiv*, desprins de semnificația sa eventuală de „adevăr" transmis, ca și de semnificația sa umană, „instructivă". A căuta un *sens fizic obiectiv* legăturii informaționale înseamnă totodată a încerca să legi procesul de reflectare din *cunoașterea* umană de „protoreflectare" — proprietate generală a materiei. Din perspectiva materialist-dialectică, gîndirea este o expresie a materiei superior organizate și se include (genetic, precum și funcțional) printre formele de interacțiune ale organismelor cu mediul lor de viață (respectiv printre formele de interacțiune ale organismelor). În spiritul metodei istorice vom putea să încadrăm reflectarea din cunoașterea umană printre tipurile *evoluate* de „legături cibernetice" specifice, să o deducem ca un tip particular și *perfecționat* al acestora. Denumirea de „legături de tip informațional" poate fi justificată în conformitate cu același principiu de istoricitate: abia pe o anumită treaptă de dezvoltare, un anumit caracter își dezvăluie esența, ascunsă sau confuză cînd este dezvoltată insuficient. Eticheta poate împrumuta termenul ce pare adecvat numai stadiului de dezvoltare deplină [77]. Trebuie să deosebim net aplicațiile *formale* ale teoriei informației clasice de o *teorie „naturalistă"* a informației, care să pornească de la analiza tipurilor de interacțiuni existente în natură. Pentru cibernetică (înțeleasă ca știința definită prin *punctul de vedere*

[77] V. Săhleanu. *Legătura informațională în cadrul interacțiunii dintre sistemele materiale*, în „Revista de filozofie", 1964, an. 11, nr. 1, p. 115—121.

informațional asupra sistemelor, Săhleanu, 1958) sînt importante tocmai acele tipuri de interacțiuni care sînt importante și pentru biologie [78]. Acestea sînt „interacțiunile în care cantități mici de substanță sau de energie au efecte deosebit de însemnate, acționînd în calitate de comandă, de semnal. Ele controlează, grație unei structuri particulare a sistemului comandat (reglat), cantități mari de substanță sau de energie".

Condițiile necesare pentru apariția și manifestarea acestui tip de interacțiuni sînt, în primă aproximație, următoarele. Sistemul supus comenzii sau reglării trebuie să aibă o structură eterogenă ordonată. În el trebuie să existe zone „strategice", locul de elecție al acțiunii semnalelor. Substanța sau energia își dobîndesc calitatea de semnal printr-o anumită corespondență (adecvare) cu structura zonelor strategice receptoare [79]. Organizarea specifică a materiei condiționează, așadar, eficacitatea „informațională" a factorilor cauzali și, de asemenea, calitatea și intensitatea răspunsului. Bineînțeles că și semnalele sînt energie structurată specific.

Care sînt particularitățile esențiale ale unui răspuns la semnal?

Disproporția cantitativă între „cauză" și „efect" poate fi un element definitoriu. Specificul calitativ al răspunsului depinde strict de organizarea sistemului: această specificitate (pe care am numit-o în 1949 *idiospecificitate*) face ca factorul „cauzal" să poată fi calificat uneori drept stimul sau excitant declanșator și ca deosebirea *cauzelor* de *condiții* să fie deseori extrem de dificilă. Răspunsul depinde, de aceea, mult de condițiile de existență (de funcționare) ale sistemului, care, în cazul organismelor vii, sînt condiții metabolice, condiții de mediu exterior etc.

Prin contrast cu *tipul informațional* de interacțiune (care are un grad înalt de specificitate și pre-

[78] După cum se vede, în acea lucrare aveam preferințe pentru *modelul biologic*, deși urmăream *o teorie fizică a legăturii*.

[79] Trebuie să existe o adecvare și un „acordaj" (de exemplu, prin rezonanță) între sistemele aflate în interacțiune.

supune adecvarea precisă a semnalului la elementul reactiv), interacțiunea *mecanică* dintre sisteme, ca în cazul unei ciocniri, este mult mai puțin exigentă în privința specificării. Tipul informațional este un tip diferențiat de interacțiune, în dublu sens : ca rezultat al unei evoluții ascendente (progresive) a materiei; ca tip ce subsumează o infinitate de cupluri „sistem-semnal“ [80], diversificate la extrem. Din punctul de vedere al evoluției, se pare că apariția comenzii simple (fără reacție în circuit, fără *feed-back*) este *ulterioară* apariției reglării (deoarece viața nu este posibilă în afara autoreglării). Prin „sisteme cibernetice“ se pot înțelege sistemele în care este eficientă o legătură de tip informațional, indiferent dacă e vorba de comandă simplă (circuit deschis) sau de reglare automată [81].

Calitatea de informație o dobîndește substanța sau energia în funcție de apariția unui dispozitiv funcțional construit în mod adecvat. Iată de ce noțiunea de informație este o noțiune relativă. Dar în anumite condiții, orice particularitate structurală (sau de altă natură) poate deveni sursă de informație, poate constitui o sursă de semnale pentru un dispozitiv cibernetic corespunzător. Pentru ca un obiect să poată fi o astfel de sursă, trebuie să aibă specificări, detalii distincte (condiție intrinsecă). Condiția extrinsecă este existența unui receptor potrivit. Procesul de cunoaștere subsumează un mare număr de procese de tip informațional; el poate fi la rîndul său subsumat categoriei de interacțiuni de tip informațional.

„A măsura informația“ conținută într-un obiect, într-o configurație etc. implică și alegerea *calității* de specificare, a *criteriului*. Prin creșterea puterii de rezoluție a dispozitivului receptor, a puterii de discriminare, tot mai multă informație se vădește a fi conținută într-o sursă. Ordinea, organizarea, structura

[80] De fapt este vorba de tripticuri: sistem emițător-semnal—sistem-receptor.

[81] V. Săhleanu, *op. cit.*, p. 117.

pot fi evaluate în unități de informație [82]. Numai că inepuizabilitatea materiei înseamnă conținut nelimitat de informație latentă (potențială, virtuală). *De aceea, în general, nu vom evalua cantitatea de informație printr-o egalitate*, adică printr-o cifră, *ci printr-o inegalitate*, adică printr-o limită inferioară. Evaluarea precisă impune, oricum, *o restricție semantică*, definirea a ceea ce luăm în considerare ca fiind detaliu semnificativ [83]. Din punctul de vedere al reflectării brute, fidele, orice detaliu al unui obiect este semnificativ; întîmplătorul *adaugă* informație peste informația configurației de bază. Din punctul de vedere al înțelegerii esențialului sau al unui mesaj cu sens, nu orice detaliu este semnificativ; întîmplătorul *perturbă* mesajul, este un „zgomot“, sau alterează configurația de bază, este o *neginformație*. Conflictul dintre informația structurală și entropia termodinamică este deosebit de clar în lumea vie. Aici structurile se clădesc și se mențin absorbind energie, ele sînt *improbabile* din punctul de vedere al mecanicii statistice; tendința spontană spre creșterea entropiei sistemelor este o tendință spre dezorganizare. Atunci putem spune că informația este echivalentă negentropiei, iar entropia — neginformației. De aceea, evaluarea cantității de informație conținută într-o structură vie se poate face, indirect, prin considerente termodinamice. Mai rezultă că, în acest caz de mare interes biologic, informația unui sistem poate *crește* pe seama interacțiunilor cu mediul și consumîndu-se energie. Informația unui organism adult nu este în întregime conținută în ou, dar oul conține în el baza materială a unei anumite reactivități care se exteriorizează în creștere, morfogeneză și fiziogeneză în *mod specific*. Această informație (potențială, virtuală, de *programare*) nu se identifică cu *plasticitatea* elementului viu, ci îi este direct opusă; ea se referă la determinismul gradului de specificare. Informația unui organism bătrîn este *alta*, după cum ținem

[82] Menținerea cuvîntului „informație“ își găsește o motivație și în legătura cu forma *(in-formare)*.

[83] Amintim că Fr. Bonsack (1961) vorbea de *referențial*.

sau nu ținem seama de restricția semantică citată: specificarea crește, dar configurația esențială se alterează, iar specificarea crește, în parte, tocmai prin *alterarea* configurației de bază.

Pornind de la ideea interacțiunii generale dintre obiecte, această teorie *fizică*[84] nu restrînge aplicarea noțiunii de informație la mesajele interumane, nu o limitează nici la sistemele în care există finalitate internă sau la acțiunile care țintesc atingerea unui scop, dar nu identifică *orice* interacțiune cu un schimb de informație. Printre tipurile de interacțiuni se scot în evidență cele în care există comandă și reglaj, ceea ce presupune o înaltă organizare materială și o potrivire specifică între calitatea energiei de interacțiune și structura sistemelor. Reflectarea superioară, cunoașterea, este un caz particular al reflectării în sisteme informațional-cibernetice.

Teoria *fizică* a legăturii informaționale se va ocupa cu condițiile care permit să se stabilească o legătură prin semnale, și nu cu valoarea de cunoaștere a acestor semnale. Un mesaj fals înseamnă și el *ordine* în energie sau în substanță; el poate conține chiar mai multă *informație-ordine* decît un mesaj adevărat. Un mesaj fals este altceva decît un zgomot, care înseamnă perturbarea unei ordini, și nu acoperirea sau falsificarea unui adevăr. Neginformația nu este informație „falsă".

Ordonarea, specificarea, ca surse de informație, ne obligă să luăm în considerare și să deosebim ceea ce este *realmente eficace* ca mesaj de ceea ce constituie numai premisa unei informații posibile. În interacțiunea de tip informațional, numai o parte din caracterele specifice sînt puse în joc. Astfel, numai o parte din detaliile specifice ale unei proteine participă în relațiile de tip antigen-anticorp etc. Se poate vorbi de

[84] V. Săhleanu. *Vers une théorie physique de la liaison informationnelle*, în 4^{e} *Congrès International de Cybernétique*, Namur, 1964 (1967), p. 102—106. În această lucrare, modelul considerat este legătura radio. Modulația undelor este cea care „conține" informația. În acest model intervine o *traducere* a semnalelor și o *amplificare*

aceea de o „informație liberă" (utilizabilă într-o anumită împrejurare) și de o „informație internă" (prin analogie cu energia liberă și energia internă, noțiuni cunoscute din termodinamică), latentă, „legată".

Să luăm un exemplu. O carte poate fi obiectul de studiu al diverselor capitole de fizică clasică (este un corp cu anumite proprietăți mecanice, optice, electrice etc.), al chimiei (are o anumită compoziție chimică, poate arde etc.), dar și al teoriei informației (căci are imprimate cuvinte, fraze, deci conține un mesaj). Acest mesaj este actualizat în momentul lecturii sale, iar gradul de actualizare depinde de cantitatea de pagini citite, dar și de capacitatea de înțelegere a cititorului. Acest exemplu simplu scoate în evidență caracterul relativ al noțiunii de informație (ea se referă la relația dintre sistemele „carte" și „cititor"), ca și modul în care semantica informației este dependentă de substratul reactiv. Cititorul poate face un rezumat al cărții, de exemplu, într-o altă limbă: această prelucrare a informației înseamnă traducerea, recodificarea și sistematizarea ei într-o manieră adecvată. Autorul cărții, dacă l-a convins pe cititor, a indus pe această cale o ordine specifică în gîndirea acestuia; ceea ce arată că acțiunea de informare este un caz particular al interacțiunii de tip informațional în sistemul mental al cititorului, plătită cu un anumit efort (exemplu pentru modul în care informația poate crește într-un sistem pe seama sau cu ajutorul energiei). Din punct de vedere fiziologic, urmele memoriale nu sînt o copie a cuvintelor tipărite, ci numai o ordonare materială, izomorfă, cu ele; așadar, inducerea unei ordonări izomorfe este un caz particular al interacțiunii de tip informațional.

Un exemplu analog poate fi luat și din citologie. Un cromozom este un obiect fizic, are o anumită compoziție chimică, dar poartă cu el o informație structurală, din care foarte importantă este aceea dată de ordinea bazelor azotate în acizii nucleici. O parte din această informație este actualizată în sinteza proteinelor din diverse țesuturi, parte care este diferită de la țesut la țesut. În acest proces de

biosinteză, informația este recodificată. „Matrițele" acizilor nucleici induc o ordine specifică în edificiile proteice, proces care consumă energie. Proteina nu este o copie a acidului nucleic, dar ordinea aminoacizilor reflectă fidel ordinea bazelor din acidul nucleic respectiv.

Această încercare urmărește să derive cunoașterea prin gîndire din existența unor interacțiuni de tip special; ea deschide perspective pentru definirea cantității de informație purtate de un factor *prin altceva* decît prin măsura incertitudinii abolite de evenimentul produs de acest factor. Gradul de specificare al unei configurații poate fi de resortul unui studiu matematic obiectiv. Valoarea subiectivă a unui semnal este dată de valoarea de excitant a acelui factor pentru un sistem individual (particularizat la extrem pe anumite linii); ea poate fi supusă, în principiu, unei analize explicative obiective. Subiectivul nu poate fi înțeles, din punct de vedere științific, decît pe această cale [85].

După cum vom vedea, concepția despre legătura informațională a fost pusă la baza unei noi sistematizări a datelor de fiziologie și biofizică [86]. Din punct de vedere calitativ, concepția se bazează pe noțiunea (capitală) de *lege de sistem* (Săhleanu, 1963); o lege de sistem descrie un comportament funcțional (și are o anumită indiferență în raport cu materialul concret care funcționează). Tratarea matematică a legilor de sistem este metoda esențială de studiu al acestor legi. Din punct de vedere cantitativ, o astfel de concepție se folosește de teoria matematică a informației, însă aceasta îi este insuficientă, deoarece este construită pe un model particular, probabilist. Din

[85] Se poate spune că ceea ce este *eficace* din punct de vedere informațional este *semnificativ* pentru sistemul receptor (efector). Din punctul nostru de vedere, nu este justificată afirmația lui Hrbek (1960) după care „noțiunea de informație n-are îndreptățire decît în domeniul psihicului uman, fiind legată de existența unui subiect receptor și gînditor".

[86] V. Săhleanu. *Biofizica*, București, Editura didactică și pedagogică, 1966.

punct de vedere fizic *stricto sensu*, concepția implică unificarea termodinamicii și a *fizicii informaționale*.

În concluzie, conceptul de informație se leagă mai mult de forma și *structura* materiei (substanță și energie) decît de *cunoașterea umană* cu incertitudinile sale. Această schimbare de accent se face în profitul unei unificări superioare a științelor naturii și ale omului.

★

În expuneri recente [87] am revenit cu precizări. Considerăm că ceea ce poate distinge sectorul fenomenelor informaționale este primatul „semnificației" asupra materiei (substanță sau energie) (R. Mouton, 1964). Esențialul unui vector de informație nu este intensitatea; uneori poate fi probabilitatea sau „cantitatea de informație" a lui Shannon; este, mai curînd, specificarea (Quastler), eficacitatea informațională fiind legată de variabilitatea, de diversitatea factorilor ce acționează. În acest sens există *informație* în excitanții senzoriali, pentru că ei nu sînt uniformi și monotoni; există informație în factorii de reglaj intra-organismic, pentru că ei pot varia (în cantitate și în calitate). Vorbim de *informație genetică* pentru că detalii variabile ale structurii moleculare sînt la baza specificității biologice.

Dacă într-un sistem reglat informațional există „disproporție" între „cauza" informațională și „efectul" obținut, aceasta se datorește faptului că sistemul reactiv are o structură cu totul particulară și că o parte din el se găsește în echilibru labil. Dacă informația fizică este o energie structurată, dacă informația chimică ține de o anumită configurație moleculară, sistemul reglat pe cale informațională conține și el o anumită cantitate de *informație structurală*. Ceea ce este limpede pentru orice aparat tehnic de acest tip este accentuat mai cu seamă într-un sistem viu, deoarece acesta nu este decît produsul informației gene-

[87] Al. Ciucă și V. Săhleanu. *Cybernétique et gérontologie*. „Congrès International de Médecine Cybernetique", Napoli, sept. 1968.

tice (de programare) în condiții potrivite de mediu. Tocmai această structură și conformație este ceea ce se poate defini (și, în principiu, se poate măsura) în raport cu starea de entropie maximă în aceleași condiții. „Informația structurală" poate fi apropiată de negentropia lui Brillouin.

ENTROPIA GENERALIZATĂ

În probleme ca acelea ce privesc caracterizarea generală a mișcărilor s-a conturat treptat clasificarea lor în mișcări *vectorizate* și mișcări *brownoide* (N. I. Kobozev, 1948). În biologie, încercări de aplicare a teoriei cinetico-moleculare la studiul mișcărilor haotice au început încă din 1928 (A. N. Țvetkov). În conformitate cu teoria lui N. I. Kobozev, gradul de „brownizare" al procesului poate fi caracterizat printr-o *entropie generalizată*. Ocupîndu-se de dezorganizarea mișcării vectorizate (orientate, dirijate) prin procese patologice (sau pe care o observăm dacă *coborîm* scara filogenetică), autorul afirmă că „șirul de entropii generalizate crescătoare este șirul de regresii ale organismului care îl reduc pînă la nivelul protozoarelor, iar apoi și la cel al materiei moarte" [88]. R. S. Zotina și A. I. Zotin fac observația că mișcările haotice ale unui animal pot fi *vectorizate* ca urmare a evidențierii unui tactism și că există și o „brownizare" tactică legată de explorarea mediului (de exemplu, traiectoria unor expediții oceanice). „Este absolut clar că (această) teorie poate fi extinsă... și la procesele interne care se desfășoară în sistemele vii ca în niște sisteme în care toate procesele sînt ordonate..." [89]

[88] N. I. Kobozev. *Elementi obșcei teorii vektorno-brounovskih proțessov i zakoni biologhiceskoi kinematiki*. „Biul. Mosk. ob-va isp. prirodi, otd. biol.", 1948, t. 53, v. 1, p. 26.

[89] R. S. Zotina și A. I. Zotin. *Teoria matematică a mișcării organismelor vii*, în „Analele româno-sovietice. Biologie", 1958, an. 12, nr. 3 (38), p. 18.

★

O entropie „neprecizată" este folosită, în altă ordine de idei, într-o lucrare scrisă în colaborare cu M. Pop privind saltul calitativ în sistemele biologice [90]. Trecerea de la o stare staționară la altă stare staționară a unui sistem viu (deschis) se face de obicei printr-o fază tranzitorie în care totodată crește entropia termodinamică și se dezorganizează activitatea, reactivitatea, comportamentul (fază „haotică", eventual de căutare).

DESPRE SITUAȚIA SEMIOTICĂ

Corespunzătoare „legăturii informaționale", schema :

obiect — semne — subiect

definește o *situație semiotică*.

Semiotica este o știință (teoretică) a semnelor și a sistemelor de semne, ținînd seama de locul și de rolul acestora în cunoaștere și în viața *omului* în genere (Ch. W. Morris, 1938).

Putem spune că „informația este conținutul și esența lumii semnalelor și semnelor" (I. Irimie) [91], și în acest sens este și astăzi valabilă metafora lui Hegel după care semnul este „piramida în care se strămută și se conservă un suflet străin".

Semnul este un fragment de substanță sau de energie (momentul fizic), dar nici un semn sau semnal nu funcționează singur, ci numai în contextul altor semne sau semnale (eventual în interacțiune cu ele). În sfera acestor relații reciproce găsim raporturi sau reguli *sintactice* (semiotice, logice, lingvistice). Întregul ansamblu de semnale sau semne poate fi privit ca un ansamblu

[90] M. Pop și V. Săhleanu. *Entropia și unele probleme ale saltului calitativ în biologie*, în „Revista de filozofie", 1965, vol. 12, nr. 2, p. 185—194.

[91] Despre semiotică, vezi A. Schaff. *Introducere în semantică*, București, Editura științifică, 1966, mai ales p. 101, 134, 171, 194 și 237.

statistic și ca atare poate fi tratat cu ajutorul teoriei lui Shannon. Putem introduce aci considerente cantitative și defini, de pildă, o informație selectivă medie.

Semnele pot fi considerate în raport cu designatul (cu semnificatul, cu conținutul ideal) și atunci determinăm, sau definim, informația *semantică*. Putem vorbi, așadar, de o semantică semiotică. Probleme conexe sînt ale expresiei și ale reflectării [92].

Considerate în raport cu destinatarul (sau cu „consumatorul" [93] de informație), semnalele și semnele implică, de multe ori, *o participare activă* a acestuia. „Subiectul" introduce un anumit specific în nașterea situației semiotice, în geneza semnalelor și semnelor; el intră în „joc" cu structurile, nevoile, trecutul și prezentul său: există astfel și un moment valoric, o latură axiologică. Este domeniul *informației pragmatice*.

Evenimentul informațional tipic este deci semnul; în situația informațională tipică (care poate fi o *comunicare*) [94] există un „termen de mediere". În orice caz, semnul (ca element funcțional) ne apare ca fiind un „nod de interraporturi".

Această schemă permite și clasificarea teoriilor *unilaterale* care au avut sau au circulație în semiotică [95]:

a) absolutizarea legăturilor semnului cu obiectul: teoria obiectuală a semnificației (G. Frege, B. Russel);

b) exagerarea participării subiectului în cadrul situației semiotice. Semnificația ca „înclinație spre reacție", răspunsul pe care semnul îl provoacă în subiect (Ch. S. Peirce, Ch. W. Morris) sînt teze ce vădesc o puternică influență behavioristă și pragmatistă. Semnificația este legată de „intenționalitate" în interpretarea lui F. Brentano, E. Husserl etc.

P. Apostol crede că perspectiva semiotică este „intrinsecă poziției metodologice a lui Marx și Lenin" [96] și în acest sens amintește de un fragment din *Ideologia germană* în care Marx (1846) vorbește despre „*comunicările* materiale ale oamenilor" și despre „limbajul vieții reale" [97]. Expresiile sînt de reținut în legătură cu analogia dintre schema situației semiotice și schema comunicației din cibernetică. P. Apostol crede că semiotica materialist-dialectică trebuie să pornească de la *principiul primordialității dimensiunii pragmatice față de cele sintactică și semantică*.

[92] După G. Klaus, raporturile dintre semne și obiectele lumii reale definesc *sigmatica*.

[93] „Consum" înseamnă recepție, utilizare, prelucrare, valorificare.

[94] Căci informația este „componenta de esență a oricărei comunicări".

[95] I. Irimie. *Semiotica și problematica ei*, în „Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Series Philosophia" (Cluj), 1966, p. 90.

REDUNDANȚA ȘI PLUSUL DE INFORMAȚIE

Privind informația sub triplul aspect de informație statistică, semantică și pragmatică, I. Irimie distinge (1968):

a) redundanța statistică — pe care o definește ca pe o abatere de la „informația maximă" în sens Shannon. Cum nedeterminarea este maximă în cazul echiprobabilității, vom putea „măsura" redundanța ca o abatere de la această situație. Din punct de vedere statistic, redundanța nu numai admisibilă, ci și necesară, este impusă de lupta cu perturbațiile (cu zgomotele). Dar ea trebuie redusă la minimum în cadrul luptei pentru „economia de semne" (sau de semnale);

b) redundanța semantică nu poate fi măsurată, ci numai apreciată după o gradație (semicantitativă). Informație semantică maximă avem atunci cînd „fiecare unitate cu funcțiuni informaționale" își acoperă obiectul său. Autorul insistă asupra originalității de conținut (de exemplu, fiecare exprimare lingvistică

[96] P. Apostol. *Puterea cuvîntului*, în „Revista de filozofie", 1966, vol. 13, nr. 5, p. 707.

[97] Se vorbește despre *limbajul* politicii, al legilor, al moralei, al religiei etc.

pune în evidență o altă idee), dar, după părerea noastră, noțiunea poate fi legată și de univocitate. Lupta împotriva redundanței semantice este o luptă *împotriva diluărilor*, *pentru* asigurarea descrierii sau explicației cît mai largi și mai profunde, folosind un minimum de semne;

c) redundanța pragmatică ar putea fi definită ca fiind suprapunerea, în unul și același destinatar, a uneia și aceleiași informații. Rămînînd pe plan gnoseologic, se poate vorbi despre inevitabilitatea redundanței pragmatice, pentru că nu avem, de exemplu, o memorie ideală. *Repetitio est mater studiorum.* Dar excesul de repetiție duce la efecte care contravin intenției didactice.

I. Irimie enunță *principiul plusului de informație*, arătînd că reducerea redundanței la „cantitatea" just-necesară este o importantă măsură organizatorică.

Aci ne-am permite unele observații.

Principiul plusului de informație *generalizează* principiul lui Dancoff din biologia informațională: reducerea redundanței la *minimum admisibil*. Acest minimum este oare *strictul necesar*? Avem oare de-a face cu un principiu de minimizare (principiu *extremal*) sau cu un principiu (mai complex) de *optimizare*? Credem că putem răspunde pozitiv la ultima întrebare [98].

Se mai pune întrebarea dacă informația poate fi numai necesară și inutilă, sau dacă orice informație nenecesară este, implicit, dăunătoare. Se pare că și în domeniul informațional sînt „necesare" și rezerve (vezi capitolul de biologie). Necesitatea *în actualitate* este, bunăoară, diferită de necesitatea *sub specia evoluției*, și acest fapt ni-l arată genetica (eredobiologia). Economia *strictă* înseamnă și aci vulnerabilitate față de neprevăzut și restrîngere a posibilităților evolutive.

[98] S. H. Turner, W. H. Wallace și A. E. Wessel (1963) au deosebit *excesul de informație* (inutilă) de *informația redundantă* (de substituție).

PUNCTUL DE VEDERE INGINERESC

„Vom conveni să înțelegem prin informație indicațiile asupra stării și regimului de funcționare a obiectelor și comenzilor" [99].

Dar pentru un telemecanician, informația trebuie să fie transmisă la distanță, cu scopul conducerii procesului tehnic (de producție etc.). Probleme tehnice importante sînt legate de automatizarea parțială sau totală a proceselor de obținere, transmitere, recepție și utilizare a acestei informații. Evident că are o mare valoare *comunicarea continuă*, de exemplu transmiterea (la distanță) a valorilor continue ale mărimilor fizice (curent, putere, presiune etc.) care variază în timp.

Comunicările discontinue se rezumă la anunțuri poziționale sau de limită asupra stării obiectelor controlate (de exemplu, deschis — închis, peste normă — sub normă) sau la comenzi corespunzătoare. Comunicarea continuă acoperă un vast domeniu al *telemăsurării;* comunicarea discontinuă acoperă în mare parte domeniul *telesemnalizării*. Ambele alcătuiesc *telecontrolul; telecomanda* folosește mai ales comunicări discontinue [100].

Punctul de vedere ingineresc extinde, de asemenea, modelul legăturii informaționale la obiecte *mobile* și la obiecte *distribuite*. O emisiune radio nu se adresează *numai* unui anumit receptor și poate fi recepționată nu numai pe posturi fixe. Teleghidajul unei rachete reprezintă un model semnificativ pentru o circulație recurentă de informație.

TOT DESPRE DEFINIREA INFORMAȚIEI

N. Wiener ne-a oferit cel puțin două definiții ale informației:

[99] V. S. Malov. *Telemecanica*, București, Editura tehnică, 1966, p. 3.

[100] *Op. cit.*, p. 8

a) În *Cibernetica* sa (1948), referindu-se mai ales la telecomunicații și la comunicația dintre părțile unei mașini (și în special la circulația informației după principiul *feed-back*), Wiener a urmărit să scoată în evidență diferențele dintre materie (am prefera să spunem: substanță), energie și informație. Emisia acelorași informații poate folosi mijloace fizice diferite. Energia consumată în operațiile informaționale — spune Wiener — *nu poate fi* o măsură a informației. (Am prefera să spunem că energia nu poate fi o măsură generală sau specifică a informației; în cazuri particulare, energia *poate fi* o astfel de măsură: putem constitui oricînd un dispozitiv în care semnalele să fie modulate în amplitudine; domeniul excitațiilor fiziologice este un domeniu de tranziție între cel al energeticii și cel informațional propriu-zis). Afirmația după care creierul produce informație așa cum mușchiul produce lucru mecanic nu poate fi primită fără rezervă; mai corectă ar fi — după noi — afirmația după care creierul *prelucrează* informații, spre deosebire de mușchi, care *transformă* energie.

b) În *Cibernetica și societatea*, Wiener mai înțelege prin informație forma organizării sistemului viu, organizare care îl definește cu toată trecerea prin el a substanței și energiei. Această definiție apropie informația de „entropia negativă" a lui Schrödinger și de „negentropia" lui Brillouin. Acest înțeles este, după Zeman, înțelesul *cibernetic* al noțiunii de informație, privită deci ca *măsură* a gradului de organizare și ordonare [101]. Ordonare pot să aibă și semnalele care se succed într-o comunicație, dar ordonare este orice poate fi *descris* printr-un algoritm. *Programele* sînt concretizări prin excelență ale organizării, și în această accepție se poate vorbi despre informația ereditară.

Teoria *clasică* a informației vede în informație aspectul statistic esențial dintr-o comunicație; ea caută o *măsură* a determinării, legată de probabilitatea succesiunii semnalelor. Teoria încearcă sesizarea matematică a structurii mesajului, deci a unei structuri în timp.

Interpretarea *idealistă* a informației structurale vede în organizare, de exemplu, o entelechie (in biologie, entelechia organizatoare a fost ideea centrală a vitalismului lui Driesch). Interpretarea *pozitivistă* a informației comunicative vede în informație numai *semnalul*.

[101] Și după A. I. Berg (1962), cantitatea de informație „caracterizează gradul de organizare a substanței sau energiei".

★

J. Zeman subliniază că nici informația, nici entropia nu trebuie să fie *ipostaziate*; informația nu este niciodată despărțită de masă și de energie; ea poate fi *abstrasă* de acestea pe cale matematică (și — după părerea noastră — nu numai pe cale matematică și nu numai pe cale probabilistă). Ipostazierea informației amintește de ipostazierea — de altădată — a ideii și a finalității [102].

După Zeman, informația și elementele materiale se găsesc în conexiune dialectică. Wiener *separă* energia de informație; Brillouin (după Szilard) insistă asupra *legăturii* dintre ele. O legătură plauzibilă poate fi stabilită în *perspectivă evoluționistă*.

Materia nu are numai aspecte fizice (substanță, masă, energie), ci și forme superioare de mișcare cu însușiri proprii spațiotemporale, de organizare (măsurate prin negentropie) și de informație. Organismul este un sistem care-și autoreglează activitatea pe baza emisiei și recepției de informație în conexiunile inverse. Organismul este stabil prin unele „algoritme funcționale", ceea ce înseamnă structură, formă, organizare, informație. Organismul nu este, așadar, numai substanță și energie, ci și informație. Pe de altă parte,

[102] După A. A. Harkevici (1959, 1960) și după G. Klaus (1961), informația ar fi un eveniment imaterial, legată de un suport material. După Pavel Apostol, informația este un eveniment material, este „semn cu semnificație", adică semnal de acțiune.

reflectarea obiectului în subiect poate fi privită ca emisie și recepție de informație. Este ceea ce am propus să se numească *informația cognitivă*.

Referindu-se la sensul etimologic al termenului *informatio*, Zeman observă că materia ia *formă*, iar materialul reflectat (în procesul cunoașterii) ia „forme logice“ [103].

★

După cum se poate observa (aproape) în fiecare capitol, lucrarea de față este o tentativă de a arăta fecunditatea „universală“ a conceptului de informație, *cu condiția* ca înțelesul acestuia să nu fie limitat la cel statornicit de Teoria matematică „clasică“ a informației, așa cum a fost elaborată de către Shannon.

Opinia aceasta a fost formulată în diferite feluri, chiar de autori care au contribuit efectiv la dezvoltarea teoretică și practică a ciberneticii și la dezvoltarea teoriei informației. L. Couffignal scrie: „Există un punct pe care nu trebuie să-l uităm: noțiunea de informație este anterioară lui Shannon. Cuvîntul de informație avea un sens înainte de Shannon. Shannon a luat acest cuvînt împreună doar cu o parte din diferitele atribute pe care le avea. El i-a redus înțelesul strict la o transmitere de semne“ [104]. B. Mandelbrot face observația că, în cadrul matematicii chiar, cuvîntul informație a devenit un cuvînt cu multiple înțelesuri; autorul se referă la contribuțiile lui Fisher, ca și la cele recente (din teoria ergodică) a lui Kolmogorov, Sinai și Rohlin: „Dacă veți cere unui matematician să vă spună ce este informația și dacă el vă va răspunde citînd un singur concept, trebuie să știți că el nu este demn de încredere“ [105]. Mandelbrot crede că nu este

[103] J. Zeman. *Poznanie i informațiia*, Moskva, Izd. Progress, 1966, p. 129—134.

[104] În volumul colectiv *Le concept d'information dans la science contemporaine*, Gauthier-Villars, Paris, Les Ed. du Minuit, 1965, p. 75.

[105] *Op. cit.*, p. 81.

util să luăm conceptul de informație într-un sens prea strict: „E primejdios să fii prea purist și să vrei să restrîngi sensurile unui termen sugestiv: am ajunge prea repede la concluzia că nu există decît prea puține probleme comune în diferitele discipline științifice“ [106].

A. Fessard, vorbind despre importanța noțiunii de informație în fiziologie, deplînge și el faptul că „Shannon a început prin a lansa teoria într-un domeniu extrem de restrîns“. Fiziologul francez crede că „nu există inconveniente în extinderea noțiunii dincolo de definiția dată de fizicieni; n-avem oare dreptul să vorbim de informație decît atunci cînd putem calcula un anumit număr de biți?“ [107].

★

„La început a fost fapta“ (Goethe). Acest citat este luat ca *motto* de A.N. Bernstein la prefața cărții lui Trincer despre *Biologie și informație*. Atitudinea lui A.N. Bernstein este semnificativă. Aspectul gnoseologic al informației, subliniat de gînditorii cu tendințe contemplative, oricîtă importanță ar avea, nu trebuie să pună în umbră informația — ordin, informația — comandă, informația — program (cum este informația ereditară), pe scurt, legătura informațională modelată prin telecomanda tehnică [108]. Cibernetica înțeleasă ca „artă de a asigura eficacitatea acțiunii“ (Couffignal) se prelungește atunci natural în strategia jocurilor și în cercetările operaționale, după cum cibernetica informațională se prelungește natural, prin automatica intelectuală, în gnoseologie și informatică. Evenimentul tehnic *reprezentativ* pentru istoria civilizației, în acest sens, nu ni se pare a fi transmiterea prin radio peste Oceanul Atlantic a unui mesaj de către Marconi (1901),

[106] *Op. cit.*, p. 85.

[107] *Op. cit.*, p. 71—72.

[108] În psihologia lui P. Janet, gîndirea este un „act oprit“. Titlul unei cărți a lui H. Wallon este *De la act la gîndire*.

ci aprinderea becurilor expoziției de la Melbourne, de către același, printr-o simplă apăsare pe buton de pe yachtul său de la Genova (1929)[109].

CIBERNETICA ȘI INFORMAȚIA

Care sînt legăturile dintre cibernetică și științele informației? N. Wiener a delimitat domeniul comenzii, controlului și comunicației; ele presupun propagare și circulație de informație. Pentru S.M. Șaliutin[110] izomorfismul dintre diferitele sisteme cu comandă și control poate fi găsit în următoarele aspecte:

a) structural: similitudinea blocurilor-schemă cu *feed-back*;

b) sistemul are o finalitate inerentă, intrinsecă: este un „mecanism teleologic" (S. Bigelow, N. Wiener și A. Rosenblueth, 1943);

c) în sistem acționează legile transmiterii, stocării și transformării informației;

d) reglarea acționează împotriva influenței dezorganizatoare a hazardului.

Teoreticienii ciberneticii pun accentul pe una sau alta din trăsăturile amintite:

a) Retroacțiunea subliniată de J. Guillaumaud[111] este înțeleasă de autor ca un principiu universal al sistemelor naturale (evolutive sau stabilizate). Este și concepția lui A. Ducrocq[112], care extinde sensul noțiunii dincolo de aferentația inversă *informațională*.

[109] Pentru V. Stancovici (1970), dimpotrivă, informație înseamnă mai cu seamă mesaj existențial: un emițător *obiectiv* își semnalează existența unui receptor *subiectiv*; de *aceea* implică transfer, transmisie.

[110] S. M. Șaliutin. *Cibernetica și sfera ei de aplicație*, în vol. colectiv *Probleme teoretice ale ciberneticii*, București, Editura științifică, 1963.

[111] J. Guillaumaud. *Cibernetica și materialismul dialectic*, București, Editura științifică, 1967, p. 9, 71 și urm.

[112] A. Ducrocq. *Romanul materiei*, București, Editura științifică, 1966; *Romanul vieții*, București, Editura științifică, 1968.

O. Lange[113] a expus cibernetica „praxiologic", fără a face apel la noțiunea de informație.

b) Autoreglarea este în centrul expunerii lui L. Apostel (1960), care crede însă că autoreglarea presupune neapărat *feed-back*. *Acțiunea finalizată* este nota definitorie și pentru E. Nicolau și C. Bălăceanu (1967).

c) S.M. Șaliutin (1961) declară explicit că interacțiunile de tip energetic *nu* sînt de resortul ciberneticii. Am susținut (1958) că cibernetica este un nou *punct de vedere* asupra sistemelor materiale: cel care ține seama de *aspectele* informaționale. Cibernetica a mai fost privită ca știința mașinilor de informare (Ruyer, 1954)[114], a structurilor informaționale (Steinbuch, 1965), a sistemelor și proceselor informaționale (H. Frank, 1966). J. Guillaumaud recunoaște și el că retroacțiunea e legată „de o anumită *punere în formă* a materiei"[115]. Dar pentru Fr. Bonsack (1962), informația este definită tocmai prin intervenția sa în acțiunile finalizate[116]. La E. Nicolau (1967) *esențialul*, pentru cibernetică, este „soarta" semnalelor purtătoare de informație. În sfîrșit, la L. A. Petrușenko[117], sistemele cibernetice sînt cele care pot folosi informația pentru autoreglare, pentru modificarea structurii (informație *legată*), pentru ridicarea standardelor lor de organizare[118]. Și pentru G. Klaus, cibernetica se ocupă de

[113] O. Lange. *Introducere în cibernetica economică*, București, Editura științifică, 1967.

[114] Căci pentru Ruyer nu există informație „fără conștiință informată".

[115] J. Guillaumaud, *op. cit.*, p. 221. Retroacțiunea (fiind contradicție internă) definește „mașini dialectice"; „complexitatea-retroacțiunea" formează un cuplu legat de cuplul „complexitate-conștiință" analizat de P. Teilhard de Chardin.

[116] O teză similară (informația nu este informație „în sine", ci informație „pentru" autoreglare antientropică) a fost susținută de I. Irimie.

[117] L. A. Petrușenko. *Vzaimosviazi, informații i sistemi*, în „Voprosî filozofii", 1964, nr. 2, p. 104—114.

[118] Informația *liberă* este aceea folosită în comunicație.

fluxuri informaționale în sisteme dinamice cu autoreglare [119].

Sistemele cu autoreglare prin conexiune inversă se mai deosebesc prin unele însușiri de mare interes în perspectiva determinismului și libertății, ca și în perspectivă operațională :

a) esențialul în impulsurile de comandă este comunicat în cursul realizării programului, astfel încît impulsurile inițiale sînt de mică importanță (între anumite limite, ele pot fi arbitrare);

b) dispozitivele cu reglare permit atingerea obiectivului cu mai multă certitudine și precizie decît dispozitivele cu comandă rigidă, și aceasta scutindu-ne de cunoașterea, imposibil de realizat, a unor factori prea numeroși și prea complecși (inclusiv perturbările ce pot surveni) [120];

c) introducînd în interiorul sistemului un proces de reglare, îl facem să tindă spre obiectivul său, ceea ce ne dispensează de o „comandă pas cu pas"; sistemul dobîndește autonomie, un grad de *activitate* și chiar de „libertate" [121].

Aceste considerații au aplicații în *evoluția biologică*. La o complexitate crescîndă (anatomie) corespund o autonomie și o eficacitate crescîndă (fiziologie), și aceasta cu o *programare* necesară relativ mai scăzută. Într-un mediu variabil (și nu numai variat), cu numeroase accidente, cu o masivă expunere la întîmplare, *soluția* nu poate fi decît o progresivă punere de accent pe sistemele cu autoreglare și pe sistemele autoadaptive [122]. Retroacțiunea își confirmă superioritatea față

[119] W. Kämmerer numește sisteme *hipercomplexe* cele care sînt „supraorganizate", adică sînt formate din sisteme energetice parțiale, între care există o comunicare reciprocă.

[120] O simplificare analogă a „necesităților gnoseologice" pentru eficacitate o aduce înlocuirea predicțiunii deterministe cu cea statistică.

[121] J. Guillaumaud, *op. cit.*, p. 42—43 (și mai ales tabelul de la p. 45).

[122] Elementelor constante sau celor cu probabilitate mare, din mediu, le corespund însă indicații programatice definite (prin ereditate).

de comanda rigidă, de exemplu, și în cazul în care „ținta" însăși este mobilă. L. Couffignal (1961) mai face observația că sistemele informaționale cu retroacțiune sînt unicele sisteme cu o eficacitate practică atunci cînd mediul *reacționează* într-un mod neprevăzut sau cînd și *obiectivul* are un comportament neprevizibil (ca în vînătoarea de fluturi) : cînd „acea parte din mediul exterior asupra căruia vrem să acționăm dispune de o anumită libertate".

CIBERNETICĂ ȘI CONDUCERE

Pentru unii autori, „cibernetica este știința conducerii". Ce este însă conducerea? După B. A. Trapeznikov, conducerea este „organizarea unor acțiuni avînd un anumit scop" [123]. Pentru A. I. Berg, cibernetica este „știința conducerii optime, orientate, a sistemelor dinamice complexe" [124]. Pentru V. M. Glușkov, cibernetica este știința „legilor celor mai generale... ale conducerii" [125]. Dacă pentru B. A. Trapeznikov, conducerea a apărut odată cu apariția vieții pe pămînt, fiind o trăsătură caracteristică a organismelor vii [126], pentru A. I. Berg, „cibernetica și, înaintea ei, automatica, electrotehnica și mecanica și-au însușit de la natura vie numeroase, poate chiar cele mai multe idei și metode fundamentale folosite de ele ulterior".

Trapeznikov (1962) descompune procesul de conducere în următoarele operații :

[123] B. A. Trapeznikov. *Cibernetica și conducerea automată*, în vol. *Cibernetica*, București, Editura politică, 1963, p. 61. După Couffignal (*Rolul metodologic al ciberneticii*, în același volum, p. 80) *conducere* este un termen mai „tare" decît *orientare* și *îndrumare*.

[124] A. I. Berg. *O știință cu posibilități imense*, în același volum, p. 88.

[125] V. M. Glușkov. *Cibernetică, progres, viitor*, în același volum, p. 101.

[126] Instalațiile automate sînt un produs al activității unei ființe vii — un produs al omului (*op. cit.*, p. 63): „un produs al vieții prin mijlocirea societății" (Săhleanu, 1960).

a) elaborarea strategiei de conducere (în natura vie, o parte din ea se transmite individului prin ereditate). Deosebim strategii rigide și adaptări automate la condiții variabile (plasticitatea structurii + operații de *căutare*);

b) realizarea strategiei prescrise (realizarea programului) — în homeostate și servosisteme.

După L. Couffignal (1961) putem vorbi de trei *etape*:

a) pregătirea acțiunii (scop + program);
b) decizia de a acționa;
c) executarea acțiunii (în care caz programul poate fi, în unele sisteme, modificat de evenimente).

A. I. Berg (1962) insistă asupra faptului că „în prezent devine inactuală conducerea proceselor complexe fără satisfacerea cerinței optimizării". Dacă pentru orice conducere este nevoie de informație, pentru o conducere eficientă este nevoie de o informație *pe deplin valabilă*: nu numai completă, suficientă, ci și actuală, exactă și necontradictorie[127]. De aceea A. I. Berg vorbește nu numai despre *cantitatea* de informație, ci și despre *sensul* ei.

Gh. Zapan[128] argumentează teza după care cibernetica este știința legilor generale și comune ale *organizării* și conducerii. Prin *organizare* înțelege realizarea unui întreg (sistem) caracterizat prin circulația și folosirea optimă a informațiilor, în care părțile sînt: *a)* coordonate; *b)* subordonate întregului; *c)* ierarhizate după gradul lor de importanță și eficiență, în raport cu scopurile sistemului. *Conducerea* este îndrumarea acțiunilor, după principiile organizării, în vederea obținerii scopurilor propuse, sau „ansamblul operațiilor de decizie, sprijinite permanent pe sistemul informațional". Gh. Zapan mai subliniază ideea, de o mare importanță euristică, după care „organizarea optimă a acțiunilor se face prin analogie, *în special după modelul activității creierului uman*"[129].

[127] A. I. Berg, articolul din *op. cit.*, p. 93.
[128] În vol. *Sociologia militans*, II, p. 56 și urm.
[129] *Op. cit.*, p. 60.

Pentru G. Klaus, cibernetica are patru aspecte: de teorie a sistemelor, de reglare, un aspect informațional și unul de strategie a jocurilor[130].

Dar prin informație trebuie să înțelegem unitatea dintre o semantică și purtătorul său fizic, semnalul. Un semnal devine informație *numai atunci* cînd sistemul receptor este impulsionat printr-însul *să aleagă* una sau unele dintre comportările materiale și spirituale care sînt posibile (am zice: virtuale). Unul și același semnal poate purta diferite informații, în raport cu sistemul receptor, cu convenția semiotică etc. Semnalele sînt indicatoare ale realităților fizice: informațiile sînt semne ale lor (în sensul semanticii sau al semioticii).

După G. Klaus, în toate sistemele care valorizează semnalele pe linie informațională trebuie să existe *modele interioare* ale realității exterioare; informația servește pentru completarea sau ameliorarea modelului. Un semnal devine informație datorită unui proces *selectiv* efectuat de sistem (și unei prelucrări etc.). Așadar, conceptul de semnal este un concept absolut, cel de informație este un concept relativ. Informația are întotdeauna caracter secundar, ceea ce se evidențiază cel mai clar în cazul conștiinței umane. În acest caz, modelul interior al lumii exterioare are particularități calitative date de esența conștiinței umane.

G. Klaus respinge pretenția de a limita înțelesul noțiunii de informație la o mărime care poate fi măsurată prin formula lui Shannon. În orice caz, teoremele lui Shannon sînt stabilite pentru mărimi fizice, și nu pentru conținuturi de conștiință. G. Klaus respinge, de asemenea, identificarea informației cu negentropia termodinamică, pentru simplul motiv că informația nu se supune legilor *fizice*. Cînd se amestecă doi litri

[130] G. Klaus. *Kybernetik in philosophischer Sicht*, 4 Aufl. Dietz Verlag, Berlin, 1965, p. 41—42.

de apă la temperaturi diferite, entropia sistemului crește. Cînd însă doi oameni fac „schimb de informații" într-o discuție, nu se poate spune că informația sistemului scade.

Într-o lucrare ulterioară[131], G. Klaus socotește indicată deosebirea a trei aspecte esențiale ale materiei: aspectul-substanță, aspectul-energie și aspectul-informație. Ele au preocupat succesiv științele de producție. Nivelul randamentului industrial al țărilor industriale s-a măsurat în secolul al XIX-lea după cantitatea de oțel (aspectul-substanță!) și cantitatea de cărbuni (aspectul-energie!) pe cap de locuitor. Biologia a privit și ea la organisme ca la sisteme *totodată* de absorbire, prelucrare și eliminare de substanță, ca și de recepționare, producere și transformare de energie. Cibernetica *a pus în evidență aspectul de informație și de organizare.* Fiecare sistem substanțial are o anumită structură, o anumită ordine. Pentru sistemele dinamice cu autoreglare, acest aspect este esențial. Acest al treilea aspect nou a fost sesizat sistematic, explicit, științific și a devenit obiectul unei teorii abia odată cu lucrările lui Shannon și Wiener (deși în biologie și medicină, acest al treilea punct de vedere s-a manifestat încă înaintea apariției cibernetici ca știință, în lucrările de neurofiziologie, de fiziologie a reglărilor nervoase și hormonale, în considerații privind raporturile dintre structură și funcție etc.)[132]. De fapt, o anumită problematică deosebită din domeniul biologiei și medicinii — dar care nu aparține numai acestor științe — a fost însușită de cibernetică ca o problematică centrală a sa. După G. Klaus, pentru primele două *aspecte* există cîte un principiu fundamental: legea conservării masei, respectiv legea conservării energiei (legate între ele prin relația lui Einstein). Pentru aspectul informațional, autorul consideră că

[131] G. Klaus. *Cibernetica și societatea*, București, Editura politică, 1966, p. 39—41.

[132] În 1958, noi am schițat paralelismele dintre evoluția punctelor de vedere ale plasticii, energeticii și ciberneticii — în biologie, în patologie și în tehnică (*Actes 2 Congrès International de Cybernétique*, Namur, 1958, p. 746—748).

legea fundamentală este principiul entropiei; el „redă relația dintre categoriile de energie și organizare, structură, respectiv informație"[133].

★

Criticînd concepția despre *informația „în sine"*, despre informația *autonomizată* față de sistemele de autoreglare și chiar despre informația „ca ceva obiectiv", G. Klaus crede că aceste poziții sînt variante ale idealismului obiectiv; „categoriile teoriei informației ar fi doar categorii ale doctrinei platoniciene a ideilor, precizate cu ajutorul matematicii"[134]. În realitate, *aspectul sistem are prioritate față de aspectul informațional.* Idealismul subiectiv, care consideră lumea reală drept un complex de senzații, folosește și el teoria informației, respectiv aspectul informațional al ciberneticii, plecînd de la ideea că senzațiile reprezintă un fenomen informațional. *Absolutizarea* aspectului informațional, pînă la „transformarea" sa în fundament al întregului proces social, se întîlnește la unii semantici (Stuart Chase), care consideră limba drept factor de reglare a societății; bineînțeles, rezolvarea problemelor sociale nu poate fi redusă la o chestiune de ameliorare a transmiterii și prelucrării informațiilor. După G. Klaus, sistemul de categorii al teoriei informației este de fapt „*reflectare* a ceva real-obiectiv, care se află... la baza fenomenului informațional".

După G. Klaus, la om există o specie de informație determinată aproape exclusiv semantic: *metainformația*, care face necesară distincția dintre diferite *niveluri semantice*, spre a evita ca propozițiile cu sens să se transforme în propoziții fără sens. Codul folosit trebuie să aibă o anumită redundanță care să permită o astfel de distincție cu ajutorul unor semne de codificare suplimentară. De exemplu, propoziția „substantivul este substantiv" are sens dacă o scriem „*substan-*

[133] Georg Klaus. *Op. cit.*, p. 42.

[134] *Idem*, p. 57—68.

tivul este substantiv" (caracterizarea unui cuvînt ca substantiv aparţine metalimbii, în timp ce *substantiv* aparţine limbii obiectuale)[135].

INFORMAŢIA LA P. APOSTOL [136]

Pentru P. Apostol (1969) comunicarea este izomorfă cu acţiunea; informaţia e o „proprietate real obiectivă prin care se realizează orientarea acţiunii" [137]. Evenimentul material este „semn cu semnificaţie" pentru un sistem organizat, declanşînd adică o acţiune predictibilă a acestuia în raport cu un cîmp de acţiuni (reacţii posibile). Informaţia este atunci ansamblul funcţiilor prin care un eveniment oarecare poate fi definit (inclus) în cadrul unui proces de comunicare. Semnificaţia nu este o însuşire a semnului (a suportului), ci a comunicării [138]. Codificarea este asocierea unui eveniment cu o semnificaţie, prin care el se transformă în informaţie [139]. Împreună cu Moles, autorul admite că semnificaţia preexistă mesajului, ea nu e transportată, ci se bazează pe „convenţii apriori".

Pentru activitatea socială, condiţia decisivă de asigurare a eficienţei este „încorporarea unei cantităţi crescînde de informaţie". Dezvoltarea activităţii productive are ca premisă creşterea cantităţii de cunoştinţe

[135] *Op. cit.*, p. 167.

[136] P. Apostol. *Cibernetică, cunoaştere, acţiune*, Bucureşti, Editura politică, 1969.

[137] Sau: aspectul informaţional este calitatea unui eveniment de a exercita o acţiune obiectivă şi măsurabilă asupra altui eveniment, în raport cu *orientarea comportamentului*. Caracterizarea se apropie de ceea ce D. Gabor (1953) numea „informaţie pragmatică". Informaţia pragmatică este caracteristică pentru comportamentele *strategice, de decizie*.

[138] Pe plan pragmatic, informaţia modifică *probabilitatea* producerii unui alt eveniment, distinct, dar nu independent de el (p. 59). În felul acesta devine limpede legătura dintre Teoria informaţiei şi cibernetică (p. 87), privită ca o ştiinţă a reacţiilor unui sistem.

[139] Pentru inginer, codarea asociază o semnificaţie la un *semnal*; pentru semiolog şi semiotician, semnificaţia e asociată la un *semn*.

încorporate în acţiunea materială (K. Marx). P. Apostol îşi propune să analizeze raporturile dintre informaţia pragmatică şi informaţia semantică.

INFORMAŢIA LA P. NEIDHARDT

Pentru Neidhardt (1966) informaţia este speranţa matematică *(Erwartungswert)* a unei variabile aleatorii :

$$E = E[g(x)] = \int_{-\infty}^{+\infty} g(x)\, p(x)\, \mathrm{d}x$$

sau

$$E = \Sigma g(x)\, p(x)$$

Dacă în locul variabilei aleatorii introducem logaritmul binar al reciprocei probabilităţii, I devine identică cu entropia informaţională sau cu conţinutul mediu de informaţie pe simbol (sau pe treaptă de amplitudine) x.

Un caz special al informaţiei, *ştirea (Nachricht)* [140] este legată de înţeles : „O succesiune definită de evenimente fizice destinată special să influenţeze organele de simţ ale omului şi care semnifică situaţii care nu sînt perceptibile nemijlocit" [141]. Ştirea este informaţie încărcată semantic, în timp ce purtătorul fizic este un *semnal*.

Şi pentru F. H. Lange, *ştirea* este „informaţia care vine şi ajunge la un om" [142].

P. Neidhardt mai deosebeşte :

a) Informaţia *semantică* şi cea *metrică*, care se referă la cîştigul absolut de cunoştinţe;

[140] P. Neidhardt. *Die Informationstheorie als Grundlagewissenschaft der Kybernetik*, în *Mikrokosmos-Makrokosmos*, I, Berlin, Akademie-Verlag, 1966, p. 390.

[141] *Op. cit.*, p. 376.

[142] *Op. cit.*, p. 420.

b) informația *pragmatică* și cea *structurală*[143], care se referă la cîștigul relativ de cunoștințe;

c) *conținutul idealizat de informație:* se referă la cîștigul obținut de un anumit destinatar (receptor) care selectează după puncte de vedere speciale (de exemplu, după punctul de vedere artistic);

d) informația *selectivă*, care se referă la „libertatea" lăsată sistemului de a alege din toate informațiile posibile cele necesare pentru a suprima „o nedeterminare logică"; ea definește „lacuna" ce trebuia împlinită prin activitatea acestui sistem.

DESPRE TEORIA JOCURILOR

A) Dacă prin *joc* înțelegem orice situație *conflictuală* reală, pe care o analizăm schematic[144], respectiv un model matematic al situațiilor de conflict, înseamnă că și aci, ca și în teoria matematică a informației, termenul de bază a fost împrumutat din vorbirea zilnică, pentru a i se da un sens aparte. Această situație poate genera și aici confuzii; cu atît mai mult cu cît conflictul *nu* este „o activitate plăcută și fără scop util imediat" (cum se definește, lexicografic, jocul), iar jocul de noroc *nu* este joc în sensul teoriei jocurilor. Căci în sensul acestei teorii, prin joc se înțeleg „schemele acelor situații de conflict în care intervin capacitățile intelectuale ale jucătorilor și în care rolul întîmplării este limitat prin modul de comportare al acestora"[145]. De la jocul curent, cotidian, se împrumută ideea acțiunilor pe care jucătorii le efectuează pe rînd de un număr finit de ori; ideea respectării unor *reguli* cunoscute în prealabil și care, în vederea

[143] Prin informație *structurală*, autorul înțelege „structura" informației (și nu informația „referitoare" la structuri sau „conținută" în ele).

[144] Al. Al. Roșu. *Teoria jocurilor strategice*, București, Editura militară, 1967, p. 13.

[145] *Op. cit.*, p. 13.

stabilirii unui *cîștig* (dobîndirea unor drepturi ale unor jucători în dauna altora, *măsurabile*), trebuie să cuprindă repartiția de valori între ei. Mutările caracteristice nu sînt cele *întîmplătoare*, ci cele „*libere*", adică făcute în mod *deliberat*, cu latitudinea de *a alege* între mai multe variante pe care le au la dispoziție. Strategia este tocmai mănunchiul de reguli care permit *alegerea* unei decizii din cele pe care un jucător le are la dispoziție[146]. J. von Neumann (1928) a prezentat înțelesul noțiunii de strategie în legătură cu planul complet al posibilităților care se pot ivi, fiind prevăzută *alegerea* corespunzătoare pentru fiecare clasă posibilă de informații pe care ar avea-o în fiecare moment. Cu alte cuvinte, strategia presupune o listă de decizii particulare care sînt funcție de cantitatea de informații disponibile. *Strategia poate fi considerată și ca o mulțime de instrucțiuni*[147].

B) Legăturile dintre teoria jocurilor și teoria clasică a informației se concretizează, *formal*, și în definirea unei *entropii a jocului*[148].

$$H(X, Y) = -\Sigma p_{ij} \log p_{ij}$$

unde p_{ij} sînt probabilitățile ca jucătorul A să aleagă strategia A_i cînd jucătorul B alege strategia B_j.

C) După O. Onicescu, teoria jocurilor poate fi considerată ca o „formă" a ciberneticii, cu obiective mai complexe decît teoria informației. Modelul material fundamental al științei despre mecanismele automate erau „organismele superioare conduse de creier", iar instrumentul matematic de bază s-a constituit sub forma teoriei informației. Teoria jocurilor, care urmărește să dea norme pentru conducerea unor acțiuni umane, a pornit de la alt model experimental obiectiv, constituit din jocurile diverse, începînd de la jocurile de table, șah, cărți, mergînd pînă la jocurile sportive și la strategia războiului.

[146] Jocurile pure de noroc nu au strategii.

[147] Al. Al. Roșu. *Op. cit.*, p. 15.

[148] *Op. cit.*, p. 266.

„În cadrul primei forme a ciberneticii, omul este considerat ca un obiect unic, ca organism... în cadrul teoriei strategice a lui J. Neumann, omul nu mai este considerat ca un model, ci ca un factor activ cu inițiativă și cu obligația de a lua decizii într-un proces complex de acțiuni la care, în genere, participă mai multe persoane“ [149].

D) O. Onicescu se ocupă în continuare de procesul de formare al celor două „mari teorii“ (teoria informației și strategia jocurilor). *Teoriile* s-au edificat în același fel în care s-a edificat și teoria matematică a probabilităților în lucrările lui A. N. Kolmogorov: *modelul abstract*, „cel mai abstract cu putință pentru a fi ireductibil, general și complet“. Acest principiu garantează teoriei matematice corespunzătoare „eficacitatea maximă“ [150].

E) Dar, în afară de analogia în procesul de formare și în rezultate [151] (ele au „o anumită completitudine, o formă închisă, rotundă, care satisface și unele cerințe estetice“ [152]), teoria informației și teoria jocurilor se interconectează tocmai prin punerea lor în slujba eficacității acțiunilor umane. După O. Onicescu (1962), cibernetica însăși — cuprinzînd și teoria jocurilor — poate fi numită „știința strategiei în conducerea acțiunilor omenești“.

F) Aceasta este, desigur, adevărat, păstrînd punctul de vedere *antropocentric*.

[149] O. Onicescu, în volumul colectiv *Probleme actuale de matematică*, București, Editura didactică și pedagogică, 1964, p. 21.

[150] *Op. cit.*, p. 24.

[151] Spre deosebire de teoria empirică a jocurilor (de care s-au ocupat matematicienii de la Pascal la Borel), în noua teorie elementele aleatorii nu joacă rolul principal. Ea urmărește mai întîi realizarea matematică a elementelor *sigure* ale unui joc, a elementelor care îl individualizează, pentru a trece, numai după aceea, la stadiul în care intervin alegerile libere ale mișcărilor, pe de o parte, aspectele aleatorii, pe de altă parte. În șahul bine jucat nu intervine nici un element aleator. În centrul atenției teoriei jocurilor *nu* stau „jocurile de noroc“.

[152] O. Onicescu, *op. cit.*, p. 38.

Dar dacă trecem la punctul de vedere dezantropomorfizat și cercetăm strategia ca o modalitate a interacțiunii între sistemele materiale? „Roboți“ cu care putem juca șah sau multe alte jocuri s-au putut realiza efectiv. Tahtadjian a transpus procesul selecției naturale (din evoluția biologică) în termenii teoriei jocurilor: aci „partenerii“ sînt populația (de o anumită specie) și mediul de viață. Dacă în primul caz legătura este informațională *stricto-sensu* (în sensul dat de noi acestui termen), în cazul al doilea ea este mai complexă, cuprinzînd totuși și elemente de legătură informațională (vezi în această privință, în partea a doua a lucrării de față, considerațiile lui Stugren despre „informația ecologică“).

În acest al doilea caz, principiul deciziei strategice ar putea fi privit, mai curînd, ca un „caz particular“ al unei interacțiuni cibernetice *stricto-sensu*, al unei interacțiuni de tip *feed-back*. Este adevărat că, de obicei, „organul de execuție“ dintr-un automat sau organul (efector) care primește comanda (și care retransmite recurent „informații informative“ [153] la organul de comandă) este pasiv, nu are inițiative (ca un partener de joc). Dar este posibil să considerăm „inițiativele“ adversarului ca fiind perturbații de un mod special (sau ca atît perturbațiile aleatorii cît și inițiativele adversarului să le subsumăm aceluiași concept matematizabil, după cum un zgomot, ca și o discuție cu sens ce tulbură o recepție telefonică sînt amîndouă, din punctul de vedere al teoriei informației, tot „zgomot“) [154]. De altfel, teoriile privind programarea (liniară sau nu) și funcționarea automatelor adaptive, optimizatoare etc. sînt foarte înrudite. Activitatea

[153] Termenul de „informație informativă“ nu trebuie să ne surprindă. Menționăm că în radiobiologie se folosește termenul de „radiații radioactive“ (active în *sensul* substanțelor radioactive). Nu orice informație este *utilă* unei strategii. M. Beliș și S. Guiașu (1967) au axiomatizat o teorie a informației „calitativ-cantitative“, funcție de probabilitate și *utilitate* ($u_i \geqslant 0$).

[154] Faptul că multe jocuri „tipice“ se desfășoară în pași distincți și alternativi nu reprezintă o deosebire de principiu.

desfășurată în condiții în care o perturbă caracterul întîmplător al evenimentelor naturale este un *joc strategic* (sau un *conflict*) cu *natura*.

G) Există o anumită analogie între regulile jocului și regulile de constituire a unui mesaj (de exemplu gramatica). În teoria jocurilor, fiecărei mișcări i se atribuie o literă. Fiecare succesiune de mișcări este „un cuvînt", o partidă este un sistem de k cuvinte, iar „drumurile" interzise nu sînt „cuvinte reale" ale limbajului ce corespunde acțiunii.

H) Probleme de strategie a jocurilor se pot combina cu probleme de semnalizare și codificare, în sensul că însăși codificarea poate fi o strategie (S. Karlin, 1959) [155].

W. W. Leontief (1941, 1952) a elaborat modele care adaptează la teoria jocurilor conceptul de „sistem deschis".

I) La mențiunile de mai sus adăugăm următoarele:

a) se poate vorbi de *echivalența* unor probleme de strategie a jocurilor, deși natura lor concretă e diferită, adică de probleme subsumate aceluiași model matematic (tot așa după cum se poate vorbi despre echivalența unor scheme cibernetice);

b) se poate vorbi de echivalența unor strategii — dacă duc la același cîștig și cu aceeași pierdere (investiție);

c) decizia este o *alegere* pe bază de „informații", iar în calcul intervin probabilități;

d) atunci cînd ne stau la dispoziție mai multe strategii, combinarea (repartizarea) lor procentuală este o problemă de investiție (vag analogă cu problemele de investiție energetică) [156];

e) eficacitatea soluțiilor teoriei jocurilor se evidențiază în *serii* statistice. „Strategia optimă a unui jucător este acea strategie care în condițiile repetării multiple a jocului îi asigură un cîștig mediu maxim posibil" [157];

[155] Vezi Al. Al. Roșu, *op. cit.*, p. 283—285.

[156] Printre primele jocuri considerate de Borel (1921) se găsesc jocurile de repartiție.

[157] Al. Al. Roșu, *op. cit.*, p. 24.

f) totuși, pentru o categorie importantă de jocuri (cele fără „puncte șa"), strategiile *minimax* se dovedesc neavantajoase în cazul *repetării* partidelor, repetări care permit adversarului să obțină informații despre strategie (instabilitatea strategiilor *minimax*). De aceea (Borel, 1923) se folosesc *strategii mixte*, obținute prin alternarea întîmplătoare și cu probabilități determinate a mai multor strategii pure: „neregulată ... pentru ca un jucător să nu poată ghici cu ce anume strategie a adversarului va avea de-a face în fiecare partidă" [158].

J) Ocupîndu-se de predicțiunea în economie, T. Schatteles [159] a subliniat faptul că „obiectul" cercetării poate reacționa la orice descoperire făcută asupra lui, alterîndu-i sensul [160]. De aceea studiul fenomenelor social-economice trebuie întreprins ca un „joc" matematic, în care cel ce face predicțiunea este confruntat cu un „adversar" avînd anumite „strategii" care trebuie contracarate. De aceea el va face *un număr* de predicțiuni (și nu una singură), confruntate cu toate (sau cu principalele) atitudini posibile ale „jucătorului" advers — *recte* situația socială. Este de așteptat ca *teoria matematică a jocurilor strategice* să dea „cheia rezolvării problemei predicțiunii în științele economice". De altfel, dintre toate metodele matematice de predicțiune folosite de științele economice, singura care pînă astăzi este *numai* a lor este metoda jocurilor strategice. Autorul amintește, în această ordine de idei, de succesele obținute (în sectorul economic) de programarea liniară.

K) În fond, reprezentarea materială, obișnuită în strategia jocurilor [161], este un mod de a nota — la

[158] *Op. cit.*, p. 58.

[159] T. Schatteles. *Metodologia științelor economice și criteriul exactității*, în „Revista de filozofie", 1967, vol. 14, nr. 4, p. 371—384. Vezi, de același autor, *Modelul în științele economice*, București, Editura Academiei R.S.R., 1967.

[160] Unele obiecte (de exemplu, obiectele microfizicii) sînt perturbate în actul investigării; omul este „perturbat" de către predicțiune (dacă o cunoaște).

[161] Vezi și G. Ciucu, M. Iosifescu, R. Theodorescu. *Teoria jocurilor*, București, Editura tehnică, 1965.

intersecția rîndului *i* cu coloana *j* ce se întîmplă atunci cînd jucătorul face mutarea *i* în condiția *j* (dependentă de adversar). Bernstein (1964) a insistat asupra acestei trăsături de *programare condiționată*, de o semnificație centrală în biologie și psihologie.

După S. Watanabe (1968) [162], exprimarea situației „dacă ... *atunci*", centrală pentru gîndirea cibernetică, *marchează o nouă viziune asupra cauzalității*. Se presupune că există o libertate de alegere a condițiilor inițiale. Această nouă „versiune" este legată de lumea „plastică" a ciberneticii, în timp ce versiunea „*clasică*" a cauzalității (relația univocă între condiția inițială și cea finală) convine lumii fizice și astronomice. „Dacă natura fundamentală a omului rezidă în activități ce urmăresc un țel, atunci forma de bază a gîndirii sale raționale trebuie să fie relația *dacă — atunci*". O consecință a acestei observații este aceea (susținută încă de C. S. Peirce) după care *implicația* este forma *de bază* a logicii. Pornind de aici se poate încerca extinderea logicii existente, reconstrucția ei, construcția unei logici non-distributive, cu o versiune probabilistă a inferenței deductive (clădită pe probabilitatea condiționată) etc.

Inferența inductivă corespunde în parte probabilității condiționate inverse și obiectivul ei este de a evalua *credibilitatea* unei ipoteze în prezența unei evidențe.

Credibilitatea apriorică nu depinde însă numai de datele experimentale, ci, de exemplu, și de atitudinea estetică a persoanei.

Asemenea concluzii contrazic tezele esențiale ale probabilismului, așa cum au fost exprimate de Keynes (1921) și Carnap (1950). Autorul mai arată că evaluarea personală a probabilității (sau a probabilității personale) este inseparabilă de evaluări de *utilitate*.

L) Dacă luăm în considerare evoluția sistemelor organice și optimizarea lor sub unghiul de vedere al

[162] S. Watanabe. *Epistemological implications of cybernetics*, în *Akten des XIV. Internationalen Kongresses für Philosophie*, Wien, 1968, p. 597—599.

teoriei jocurilor, putem admite că, în cursul dezvoltării lor, organismele au trebuit să dezvolte prin forța lucrurilor o însușire de tipul „tendinței spre joc". Jocul (în sens propriu) este „anticiparea și exercitarea jocului strategic serios, propriu sistemelor cibernetice respective ... Prin urmare, dezvoltarea capacității de joc trebuie să se amelioreze încontinuu și cu necesitate în procesul selecției naturale" [163]. Desigur, nu se poate exclude apariția pe o anumită treaptă a dezvoltării a unei anumite automatizări a tendinței spre joc, cu rezultate uneori contrare scopului inițial [164].

M) Teoria jocurilor se continuă natural în *teoria deciziilor*. În această teorie au un rol fundamental: incertitudinile parțiale și totale, probabilitățile subiective, informațiile și „jocurile" statistice, ipoteze după care adversarul ia în mod automat starea cea mai nefavorabilă pentru jucător („jocuri contra naturii"), riscul, speranța, regretul, dezirabilitatea etc. [165]

N) *Cercetarea operațională* este o știință aplicativă specială care se ocupă cu procesele *raționale* de *organizare* a activității în general. Cu alte cuvinte, ea este *pregătirea științifică a deciziilor* [166].

Principalul aparat matematic folosit de cercetarea operațională este dat de teoria probabilităților cu „derivatele" sale: teoria jocurilor strategice, teoria programărilor matematice (liniară, neliniară, parametrică, stochastică, dinamică), teoria așteptării. *teoria informației*, econometria etc.

„Binomului" experiență-intuiție i se substituie astfel dipticul informație-raționament, iar statistica constituie o metodă fundamentală de informare.

[163] G. Klaus. *Cibernetica și societatea*, București, Editura politică, 1966, p. 414—415.

[164] *Mutatis mutandis*, turnirele cavalerilor au devenit, la un moment dat, cauza eșecurilor lor pe cîmpul de luptă.

[165] Cf. Al. Al. Roșu, *op. cit.*, p. 377 și urm; Gh. Boldur. *Procese informaționale și de decizie în economie*, București, Editura științifică, 1969.

[166] A. A. Brunet. *Introducere* la A. Kaufman. *Metode și modele ale cercetării operaționale*, București, Editura științifică, 1967, p. 5.

Problematica cercetării operaționale poate fi redusă la următoarea esență: în toate cazurile ne aflăm în prezența unor obiective de atins ca rezultate *optime*, dar și în prezența unor *restricții*, adică a unor condiții impuse.

De mare interes ni se pare observația după care cercetării operaționale îi este propriu *un anumit mod de gîndire*. L. Couffignal a căutat să deosebească punctul de vedere al gîndirii științifice *stricto-sensu* de punctul de vedere al ciberneticii într-un fel care ni se pare că se poate aplica tuturor cercetărilor operaționale. Nu se caută scheme explicative, ci scheme aplicative; se culege informație just suficientă; se face apel la analogii [167].

TOT DESPRE PROBABILITATE

Odată cu dezvoltarea disciplinelor contemporane „derivate" din teoria clasică a probabilităților, se poate remarca schimbarea semnificației metodologice a acestei teorii și a înțelesului noțiunii de probabilitate.

Statistica matematică analiza împletirea necesității cu întîmplarea; cunoscînd „legile hazardului", se străduia să scoată în evidență ceea ce ține de necesitate. Variabilitatea era privită ca ceva ce poate „acoperi" informația. În teoria informației, variabilitatea este însă premisa specificării semnalelor. Noțiunea de distribuție statistică pune accentul azi pe probabilitatea *bine definită* corespunzătoare unei anumite eventualități, și nu pe lipsa de univocitate a corespondenței („hazardul").

Jocurile considerate de „clasici" (începînd cu Pascal) erau cele de tip aleator (de noroc); jocurile considerate azi sînt cele strategice. Eforturile metodelor mate-

[167] L. Couffignal. *Le cybérnétique comme méthodologie*, în „Les études philosophiques", 1961, nr. 2, p. 161—163.
Despre deosebirea dintre abordarea fizică, cea funcțională și cea operațională, vezi P. Apostol, *op. cit.*, p. 130 și 222.

matice se îndreptau cîndva spre *anularea* hazardului. Metodologia științei și a acțiunii se centra pe eliminarea întîmplării din cîmpul activității umane. Însă întotdeauna viața biologică și viața umană au realizat și ceea ce M. Boll a numit *exploatarea* hazardului. Pe plan metodologic, aceasta corespunde, de exemplu, metodei Monte Carlo, iar pe plan strategic — strategiilor mixte. Am putea numi acest mers al gîndirii *transaleatorizarea* probabilităților.

El merge paralel cu o modificare a atitudinii față de *statisticitate*. Obsedată cîndva de legea numerelor mari, de *stabilitatea frecvențelor* și a mediilor, statistica a acordat treptat tot mai multă atenție *valorii* fluctuațiilor. De la Quételet la Darwin, schimbarea de mentalitate e evidentă. Primul vedea în variația individuală o „eroare" a naturii care țintise realizarea unui „om mediu", în timp ce ultimul vedea în această variație izvorul noilor rase și specii. Prin teoria sa a *derivei genetice*, S. Wright a pus în lumină importanța — pentru evoluție — a fluctuațiilor genetice în grupe relativ mici, izolate. Teoria sintetică a evoluției biologice a pus în lumină, paralel, importanța creatoare a „erorilor"-mutații. Asupra acestor probleme vom mai reveni.

OBSERVAȚII ASUPRA PSIHOSOCIOLOGIEI TEORIEI INFORMAȚIEI

S-a remarcat de multe ori „succesul fără precedent" al teoriei informației a lui Cl. Shannon [168]. La numai cinci ani de la publicarea lucrării sale fundamentale (1948) a început să apară un periodic consacrat exclusiv teoriei informației (în timp ce pentru teoria probabilităților, domeniu relativ vechi al matematicii, un astfel de periodic există abia din 1956); la numai

[168] S. Guiașu și R. Theodorescu, *Matematica și informația*, p. 19.

doi ani de la această publicare se organiza primul simpozion de teoria matematică a informației etc.

Încercînd să dea un răspuns la întrebarea: care sînt motivele pentru care un articol atît de specializat ca cel al lui Shannon a putut să aibă consecințe atît de vaste, Quastler observă, mai întîi, că acest articol este o lucrare „foarte bună". Dar alt motiv este următorul: „Conceptul unei măsuri a informației satisface o nevoie generală și adîncă a timpului nostru. Cantitatea de informație disponibilă crește în ritm foarte rapid. Corespunzător, reprezentarea informației devine o problemă din ce în ce mai critică, iar teoria informației oferă principii generale privind reprezentarea. De asemenea, se dezvoltă organizații din ce în ce mai complexe; ele depind, în ce privește funcționarea lor, de comunicații reușite și eficiente, iar teoria informației prezintă principii generale despre comunicație" [169].

După cum am văzut, teoria informației este legată de (sau înrudită cu) un grup de specialități care sînt noi sau a căror popularitate a crescut enorm în ultima vreme: cercetarea operațională, teoria deciziei, teoria programării liniare, cibernetica, teoria jocurilor, teoriile administrației, dinamica grupurilor etc. Toate aceste științe sînt matematice (sau — am spune noi — matematizate), fundamentate cel mai adesea pe calculul probabilităților și pe statistica matematică. Toate folosesc un sistem de evaluare. Toate se ocupă cu situații complexe: în fiecare dintre ele există o multiplicitate de alegeri sau aranjamente posibile — și în majoritatea lor alegerile sînt afectate de un mare număr de factori interrelaționați. Nici una din aceste științe nu se interesează în primul rînd de natura fizică a sistemului studiat sau de mecanismele prin care diferitele sale părți sînt puse în relație. Aceste asemănări dintre disciplinele menționate au constituit motivarea pentru reunirea lor sub eticheta comună de *Teoria generală a sistemelor*. Se poate spune, așadar,

[169] H. Quastler. *A primer on information theory*, în vol. colectiv *Symposium on Information Theory in Biology*, New York, Pergamon Press, 1958, p. 4.

că teoria informației este una dintre teoriile sistemelor [170].

H. Quastler mai face observația că, de obicei, o teorie este introdusă pentru a da socoteală de un ansamblu specific de fapte — și nimeni nu încearcă să o „ex-spațieze" dincolo de acest domeniu specific. Cu teoria informației, situația este mai puțin simplă. „L-am auzit pe Shannon spunînd că el era în mare măsură neîncrezător în privința extinderii rezultatelor sale la domenii mai îndepărtate și că, după părerea sa, cei care lucrează în alte discipline ar face mai bine să-și dezvolte propriile lor teorii. Dar acest lucru nu s-a întîmplat. Teoria lui Shannon a fost preluată cu entuziasm de către psihologi, lingviști, istorici, planificatori, bibliotecari, sociologi și biologi, cu o mare varietate de interese. Motive pentru astfel de generalizări au fost furnizate de către Wiener, care a precizat că orice control (în animal ca și în mașină) depinde de comunicație și că orice comunicație implică cantități măsurabile de informație — ca și de Weaver, care a subliniat marea generalitate a conceptelor informaționale ... S-a părut atunci că teoria informației a fost o unealtă făcută pentru a ordona și a mînui o vastă varietate de probleme; dar această varietate nu este, totuși, fără limite [171]. Este adevărat că orice fel de structură și orice fel de proces are aspectul său informațional sau poate fi asociat cu funcția de informație. „În acest sens, domeniul teoriei informației este universal, adică analiza informațională *poate* fi aplicată la absolut orice. Problema este însă care dintre aceste aplicații sînt folositoare" [172]. Și Quastler, după ce a analizat unele aplicații posibile și unele limitări ale teoriei informației în biologie, conchide: „Pentru a progresa, ne trebuie mai multă muncă matematică, dar mult mai multă muncă experimentală. Privind

[170] H. Quastler. *The domain of information theory in biology*, în același volum, p. 187.

[171] *Op. cit.*, p. 5.

[172] *Op. cit.*, p. 188.

la trecutul teoriei informației în biologie [173], este evident accentul pus *pe teorie* — mai mult sau mai puțin riguroasă; deși avem nevoie de mai multă teorie decît pînă acum, nevoia cea mai presantă este pentru o abundență de experimente bune și specifice. De asemenea este necesar să se examineze și alte posibilități, înrudite, în biologia teoretică ... Teoria informației este una dintre teoriile sistemelor, dar una cu limitări foarte specifice; ar fi util să se cultive în mod specific teorii cu limitări diferite, pentru a suplimenta teoria informației" [174]. În prezentarea pe care o facem științelor informației, ținem seama tocmai de acest deziderat.

O altă condiție psihologică a contribuit la succesul teoriei informației a lui Shannon. Noile direcții mari din matematică, apărute în ultimele decenii, operează cu noțiuni și imagini destul de complicate, puțin accesibile unei popularizări. Însă teoria informației reprezintă un domeniu nu numai nou, ci și important, ale cărui izvoare sînt legate de considerații cu totul elementare; totodată „aplicațiile practice cele mai simple ale acestor idei la probleme ale tehnicii contemporane pot fi explicate complet unui cititor cu o pregătire matematică și tehnică minimă" [175]. Sau, cu alte cuvinte: „Atît izvoarele, cît și înțelegerea principiilor ei de bază sînt legate de considerații elementare ... Din acest punct de vedere, teoria informației se aseamănă cu teoria relativității restrînse a lui Albert Einstein" [176]. Paralela poate fi dusă mai departe: ca și spațiul și timpul, noțiunea de informație este o noțiune de mare importanță și de mare generalitate.

Semnificația teoriei informației *pentru evoluția matematicii* s-a bucurat de o apreciere înaltă și de pe platforma filozofiei și a metaștiinței. Astfel, s-a spus că — în teoria informației și în cibernetică — matematica „*a descoperit* noi categorii, descriind *latura*

[173] Acest „trecut" avea pe atunci cel mult opt ani!

[174] *Ibid.*, p. 194—195.

[175] A. M. Iaglom și I. M. Iaglom. *Probabilitate și informație*, p. 6—7.

[176] S. Guiașu și R. Theodorescu, *op. cit.*, p. 20.

lor cantitativă: categoriile de *informație* și *comandă*. Paralel — prin teoria jocurilor (și prin teoria învățării) — matematica a început să atace problemele acțiunii umane" [177]. Pe de altă parte, destinul teoriei informației (în calitate de teorie matematică) [178] ilustrează procesul de diversificare a matematicii (prin care ea reușește să reflecte realitatea cît mai mult și mai complet), ca și procesul de unificare a ei (corespunzînd tendinței generale în cunoaștere de descoperire a esenței). Cu privire la ultimul punct se menționează îndeosebi încadrarea teoriei informației în teoria probabilităților (care la rîndul ei se încadrează în teoria mai generală a măsurii). Dar se mai pot menționa și rezultatele obținute în mecanica statistică, în termodinamică, în teoria învățării etc. A. N. Kolmogorov a introdus în teoria sistemelor dinamice un invariant (entropia pe unitate de timp) construit după modelul entropiei din teoria informației [179].

Reevaluarea științifică a noțiunii de informație poate fi privită ca un proces *necesar* (ținînd de o necesitate obiectivă pentru dezvoltarea a numeroase ramuri ale științelor și tehnicii). Faptul că obiectele și fenomenele al căror studiu necesită introducerea noțiunii de informație reprezintă cele mai complexe obiecte și fenomene din natură și societate, *rezultate* ale evoluției materiei și ale tehnicii, explică de ce această reelaborare s-a produs relativ tîrziu, în orice caz după reelaborarea noțiunii de evoluție. Am văzut (și vom mai vedea) că în afara noțiunii de informație (și în afara cibernetici) nu este posibilă o teorie cuprinzătoare a evoluției.

[177] M. Iosifescu, P. Tăutu și R. Theodorescu. *Matematica și realitatea obiectivă*, în „Revista de filozofie", 1967, vol. 14, nr. 10, p. 1 110.

[178] Modelul unui sistem de comunicație a devenit un model matematic în care sursa, ca și recepția, este un cîmp de evenimente probabilizat, iar canalul realizează corespondența dintre două spații cu măsură finită.

[179] G. Ciucu, I. Cuculescu și S. Guiașu. *Procesul dialectic de unificare și diversificare în matematică*, în „Revista de filozofie", 1965, vol. 12, nr. 3, p. 373—380.

Într-un anumit sens se poate spune că abia prin introducerea noțiunilor de informație și de circuit cu reacție, științele despre natură și societate au ajuns la o adevărată maturitate conceptuală, iar tehnica — la o capacitate de a amplifica toate potențele importante în producție și cultură ale omului. În această perspectivă istorică-științifică, științele informației și cibernetica reprezintă nu numai preocupări justificate prin *actualitate* (legate adică de specificul unui moment *istoric*), ci și preocupări care se înscriu în *continuitatea* eforturilor de cunoaștere, ca o prelungire și o depășire „rațională" a științei deceniilor anterioare, *exact* pe linia progresului epistemologic și tehnic [180].

[180] Umberto Eco crede că apariția teoriei informației reflectă o situație culturală *mai generală*, care se evidențiază și în arta contemporană prin așa-numita „deschidere" a operelor de creație. „Toate datele culturii noastre ne determină să concepem, să simțim și deci *să vedem* universul conform categoriei de posibilitate" (U. Eco. *Opera deschisă*, București, E.L.U., 1969, p. 79 și 172).

PARTEA A DOUA

APLICAȚII-PERSPECTIVE-SINTEZE

SECȚIUNEA I

GENERALITĂȚI

PROLEGOMENE PENTRU O ȘTIINȚĂ A INFORMAȚIEI

În prima parte a acestei lucrări am căutat să arătăm principalele tentative de reelaborare științifică a noțiunii de informație; credem că au ieșit în evidență atît meritele, cît și deficiențele principalei teorii care s-a impus în acest sector, prin rigoare matematică, dar și prin fecunditate practică: teoria ce pornește de la contribuțiile lui Cl. Shannon. După cum am menționat și în *Introducere*, ceea ce „așteaptă" știința actuală nu este numai o nouă ramură teoretică și aplicativă (cum ar fi *teoria informației*), sau o nouă cale de cantificare (matematizare) a unor sectoare științifice (ceea ce s-ar putea numi *calculul informației*). Știința actuală așteaptă o *știință generală a „universului" informațional*, nu numai teoretică și în care teoria să nu se rezume la aplicarea instrumentului logico-matematic deductiv. O asemenea știință trebuie să aibă și rădăcini inductive, observaționale și experimentale. Ea ar trebui să aibă corolare *metodologice*, ducînd adică la constituirea unui mod cît mai adecvat de abordare a „universului informațional" în specificul acestuia, unui mod cît mai potrivit de studiu al aspectelor informaționale din natură și (mai ales) din societate. Desigur, constituirea științei informației nu se poate lipsi de o originală întemeiere filozofică, după cum materialul de cunoștințe prelucrat de știința informației poate fi baza unor necesare generalizări filozofice care să îmbogățească

materialismul dialectic contemporan. Prin mijlocirea unei astfel de îmbogăţiri, ştiinţa informaţiei poate avea largi influenţe asupra tuturor ştiinţelor „clasice".

O ştiinţă şi o filozofie a informaţiei nu se pot limita la studierea *generală* a cîtorva probleme ale „universului" informaţional, ci va proceda la analiza multilaterală a informaţiei. Ceea ce urmează este o schiţă de tip „hartă", sau un „panoramic", pe baza unor investigaţii care rămîn, totuşi, preliminare :

1. *Geneza informaţiei.* Aspectul informaţional al materiei este etern, sau apare pe o anumită treaptă a evoluţiei sale? Probabil că materia nu poate fi gîndită fără un minim de informaţie structurală (vezi mai departe); poate că ceea ce „se naşte" sau „se distruge" este informaţia la un *anumit* nivel (faţă de un anumit „referenţial"), sau legătura de tip informaţional, sau conexiunea inversă.

2. *Modalităţile de cîştig şi de pierdere* a informaţiei. În legătură cu această problemă am discutat şi vom discuta negentropia, replicarea, selecţia, „turnarea" matriţială, mutaţia, imitaţia, eroarea. De asemenea, în afară de problematica zgomotelor întîmplătoare (neginformaţia), cea a zgomotelor intenţionate (bruiajul), împreună cu interferarea, dezinformarea, falsificarea şi negativismul etc., alcătuiesc capitolul *antiinformaţiei.*

3. *Extragerea* şi *adunarea* informaţiei, alături de depozitarea, înregistrarea, înmagazinarea ei. Problemele sînt de intabulare, de memorizare etc. şi sînt legate — la un anumit nivel — de *prelucrarea* informaţiei. O formă fundamentală de memorizare (neurologică şi tehnică) este constituită de transformarea informaţiei actuale, eficace în informaţie structurală.

4. Prelucrarea informaţiei presupune posibilitatea *regăsirii* ei şi a „reînvierii" ei (ecforare), ca şi capacitatea de sistematizare. Există o informaţie implicită şi una explicită, deci şi o problemă de explicitare. Prelucrarea poate fi la nivelul substanţional (de exemplu, transconformarea), energetic (de exemplu, transducerea) sau mai ales informaţional (de exemplu, recodificarea). Prelucrarea informaţională este studiată de către

fiziologi, psihologi, logicieni, matematicieni — ca *modalitate*, dar şi ca *mecanism.* După cum se va vedea, prelucrarea poate fi deterministă, aleatoare sau intermediară.

5. *Semnificaţia* informaţiei este un capitol insuficient lămurit. Unii autori definesc prin informaţie ceea ce are *semnificaţie* de semnal sau comandă; alţii cred că termenul trebuie rezervat semnificării psihologice, sesizării *înţelesului.* Probabil că ar fi mai bine să vorbim de diferite nivele de semnificaţie, în care au valoare (respectiv) excitantul, semnalul, semnul, înţelesul. O astfel de viziune ar fi conformă cu ideea „stratificării" universului informaţional. Capitolul are legături strînse cu semiotica, dar nu poate fi absorbit de ea. Informaţia poate fi „semnificată", de asemenea, după valoarea ei funcţională : dezlănţuitoare (declanşatoare), determinativă, formativă, informativă, documentativă, antiinformativă, sugestivă, certifiantă, demonstrativă, decizivă, antidecizivă, atenuativă, prescriptivă, normativă etc. Teoria informaţiei a pus şi ea în evidenţă situaţii — binecunoscute de psihologie sau de istoria ştiinţei — în care acumularea de cunoştinţe a dus la creşterea incertitudinii, şi nu la scăderea ei. Un corolar metodologic al acestor constatări este alegerea — de exemplu pentru un diagnostic medical — a acelor semne şi simptome care au o valoare informaţională pozitivă şi însemnată. Cu această ocazie mai observăm că modelul lui Shannon nu ne arată ce se întîmplă cînd ocurenţa n-a fost prevăzută în schema probabilistă iniţială.

6. În acest caz, informaţia poate duce la restructurarea modelului probabilist. Cazul în care un nou model *poate* fi construit a fost analizat de neurofiziologii ce s-au ocupat cu reflexul de orientare (Sokolov ş.a.); incapacitatea de a-l reconstrui a fost legată, de unii psihologi, de situaţia de panică. *Eficacitatea* informaţiei poate fi variată : sensibilizarea specifică la o anumită categorie de factori fizico-chimici se numeşte stare de *excitabilitate;* prin analogie, sensibilizarea specifică la o anumită categorie de semnale

o numim stare de *informabilitate* [1]. Semnalele pot avea un efect *preparativ*, de exemplu în procesul de constituire a reflexelor condiționate. Varietatea de informații căreia îi acordăm o poziție centrală în viziunea noastră „praxeologică" este *informația de (tele)comandă*. În general putem admite (provizoriu) că efectivitatea și eficacitatea informației pot fi: a) structurală (de exemplu transconformarea); b) funcțională (de exemplu în mecanismele cibernetice, în decizii); c) reflectorie. Relației dintre informație și reflectare îi consacrăm ultima parte a lucrării de față [2].

7. *Transmiterea* (spațială) a informației este complementul spațial a ceea ce „*memorizarea*" (în înțelesul cel mai general al acestui cuvînt) reprezintă în dimensiunea temporală. Teoria informației a lui Shannon s-a ocupat în special de aspectele statistice ale transmiterii informației prin canalele cu zgomot. O formă particulară de memorizare în sistemul nervos și în calculatoarele electronice este „memoria circulantă", care se bazează pe o transmisie a semnalelor într-un circuit închis.

8. De resortul unei „științe generale a informației" ține și o *anumită* abordare a coerenței, corelației și contradicției între notele, aspectele, laturile unui „obiect", respectiv proces, între aparență și esență, între formă și conținut. Este abordarea pe care am numi-o — cu un termen împrumutat din medicină — sub unghiul de vedere al *semiologiei*. Caracteristica acestei abordări este folosirea unui detaliu „semnificativ" pentru cunoașterea întregului, adică căutarea sistematică și utilizarea unei informații în scop de diagnostic.

9. De resortul unei astfel de științe generale țin și multiplele aplicații ale aparatului *formal* al teoriilor matematice corespunzătoare acestui sector (teoria informației, teoria algebrică a sistemelor automate, teoria jocurilor etc.), în rezolvarea diferitelor probleme,

[1] Excitabilitatea, informabilitatea etc. sînt stări de *receptivitate* la informație (de „receptanță", după altă terminologie).

[2] Ceea ce prezentăm aci nu este o *clasificare* în categorii disjuncte (astfel ca $A_i \bigcap A_j = 0$).

indiferent de natura lor (cum sînt problemele statisticii, ale termodinamicii etc.) [3].

Bineînțeles că acest program poate fi considerat, de către unii critici rigoriști, ca o „erezie în curs de constituire". Dar pentru noi, problema se pune destul de răspicat: este mai important să salvăm conceptul de informație în cadrul unei triade ontologice (substanță, energie, informație) — mai bine zis a unei triade de aspecte ontologice ale materiei —, decît să salvăm o linie tradițională, antropomorfică, probabilistă, în știința informației. Este mai corect să ne dăm seama de limitele actualului formalism matematic, decît să restrîngem cercetarea informațională la ceea ce a putut fi formulat pînă azi în cadrul acestui formalism.

Noi optăm pentru o teorie generală a aspectelor informaționale pornind de la aspectele *obiective* ale legăturilor prin semnale fizice, pentru a ajunge la o teorie materialist-dialectică a reflectării. De la aspectele de efectivitate a semnalelor fizice încercăm să trecem la aspectele de eficacitate în sistemele cibernetice, și în cele din urmă la aspectele semantice ale semnelor, la valoarea de adevăr. De la excitație (ca o simplă „iritație") la excitația adecvată, legătura este directă; semnalul (în sens fiziologic) inaugurează domeniul influențelor mijlocite, „prevestește" informația anticipativă, adică „vestirea". *Învățarea* se dezvoltă pe acest teren. Al doilea sistem de semnalizare este premisa dezvoltării *comunicării informative* și a *transmiterii* către alții a ceea ce am învățat [4].

Mai propunem o *perspectivă stratificantă* asupra „universului informațional". Vom deosebi nivele de complexitate în abordare, în parte corespunzătoare

[3] „Modelarea informațională" este *numai* stabilirea unei relații biunivoc determinate între functorii folosiți în caracterizarea fenomenului dat și formalismul Teoriei informației (P. Apostol, *op. cit.*, p. 52—53).

[4] Cînd sînt informat, am „aflat", mi s-a transmis o comandă, am fost instruit și transformat etc. — și numai în cazuri speciale mi s-a abolit o incertitudine.

nivelelor de structurare a substanței și energiei în subsisteme și sisteme, în parte corespunzătoare treptelor evolutive ale materiei. Caracterizarea statistică a unui mesaj este de alt nivel decît calcularea strategiei optime. Excitația se petrece la alt „nivel" decît decizia. Reflectarea senzorială aparține unui nivel inferior autoreflectării conștiente. De la cartezianul *cogito, ergo sum* se poate trece, printr-o transcendere oricît de reiterată, la un *cuget asupra cugetării mele* ridicat treptat la o putere tot mai mare [5].

DIN PROBLEMATICA TRANSMITERII INFORMAȚIEI [6]

A) E. Nicolau și C. Bălăceanu (1967) prezintă schema-bloc a sistemelor de comunicații în 3 aproximări succesive :

a) sursa informației → receptor (raport direct);

b) sursă de mesaj → canal de comunicație → receptor;

c) sursă → traducător → canal cu zgomot (perturbații) → traducător → receptor.

Schema aceasta are analogii cu schema situației semiotice. În terminologia tehnică referitoare la transmiterea informației, *semnalul* este „o manifestare fizică capabilă a se propaga printr-un mediu dat". *Mesajul* este un semnal ce corespunde unei realizări particulare dintr-un ansamblu (de idei, imagini, date) care trebuie transmis unui corespondent. *Sursă* se numește mecanismul prin care, din mulțimea mesajelor posibile, se alege, într-un mod imprevizibil, un mesaj particular destinat a fi transmis unui corespondent. *Canalul* (cale) cuprinde totalitatea mijloacelor destinate transmiterii : aparatura, ca și mediul [7].

B) Pentru caracterizarea semnalului transmis prin canalul de legătură se poate folosi noțiunea de *volum* al semnalului. Denumirea vine de la faptul că mărimea corespunzătoare este un produs de trei factori (parametri; *coordonatele* semnalului) : banda de frecvențe F necesară pentru transmiteri, timpul T de transmitere și depășirea H' a puterii semnalului P_s față de puterea perturbațiilor P_p (de exemplu zgomotul de fond) [8] :

$$V = FTH'$$

Volumul semnalului se menține constant (sau nu poate crește). O ameliorare a unui parametru se poate face numai în dauna altora.

C) Informația se transmite obișnuit, în tehnică, prin variații ale parametrului semnalului, care se numesc *modulații*. Dacă semnalele sînt continue și periodice, cu o anumită amplitudine și frecvență (de exemplu sinusoidale), putem folosi modulații *în frecvență*, *în amplitudine*, *în fază*. Dacă semnalele sînt sub formă de impulsuri (discontinue), se disting mai multe tipuri de modulație : în amplitudine, în frecvență, în poziție și în durată.

Modularea (delta) cuantizează semnalul, dar transmite pe linie numai informația cu privire la variația mărimii cuantizate. Analogul neurologic sînt senzorii *on* și *off*.

În tehnica telemecanicii se numește codificare procesul transformării mesajelor în anumite *semnale discontinue*. Este un sens excesiv de limitativ. Esențială este ideea după care sistemul de semnale nu poate fi decît energie specific structurată (de exemplu în timp).

D) În cazul mesajelor continue (reprezentate grafic printr-o curbă) rezultate din înregistrări (sau măsură-

[5] Ne-am întrebat dacă omul nu poate fi privit ca un „automat transfinit".

[6] Cu privire la această problematică, vezi, de exemplu, I. Constantinescu, S. Condrea, Edm. Nicolau. *Teoria informației*, București, Editura tehnică, 1958.

[7] Al. Spătaru. *Teoria transmisiunii informației*, București, Editura tehnică, 1966, p. 18. Pentru acest autor, „puntea aruncată peste prăpastia care despărțea lumea ființelor vii de lumea mecanismelor" o reprezintă procesele de *transmitere* a informației (p. 5).

[8] H' este exprimat prin logaritmul unui raport (decibeli), deci a treia coordonată este logaritmică.

tori) care au o *putere rezolutivă* dată de puterea de măsurare Δx, este suficient să se transmită valorile mărimii măsurate care se disting între ele prin intervalele Δx. Putem înlocui deci șirul continuu (infinit) de valori ale mărimii x printr-un număr finit N de valori :

$$N = \frac{x_{max} - x_{min}}{\Delta x},$$

proces care se numește cuantificare (sau cuantizare) în raport cu nivelul. Cantitatea de informație a funcției cuantificate poate fi determinată ca și în cazul comunicărilor discontinue.

Fundamentală în problema transformării semnalelor continue în semnale discontinue, cu păstrarea informației, este teorema lui Kotelnikov. Ea arată durata maximă a intervalelor de timp la care se succed valorile, pentru ca funcția continuă să fie complet determinată.

Principiul cuantizării la momente date se întîlnește și în sistemul nervos (pentru analizorul optic, această cuantizare se face la intervale de circa 3/10 secundă).

După P. Neidhardt (1966), teorema lui Kotelnikov pune în evidență o diferență fundamentală între punctul de vedere al termodinamicii statistice și cel al teoriei informației. În timp ce prima se interesează exclusiv de *mediile* valorilor unui colectiv imens, teoria codificării se interesează tocmai de aspecte individuale. Entropia H poate fi privită ca un factor de codificare *constant* care caracterizează mesajul și poate fi „factorizată" la rîndul ei (F. H. Lange) : flux informațional $\times$ entropie informațională = flux mediu al semnalelor.

După Shannon, într-un canal cu zgomot, numărul maxim de trepte de amplitudine care pot fi transmise este calculat cu ajutorul formulei :

$$N_{max} = \sqrt{1 + \frac{P_s}{P_p}}.$$

Conținutul informațional mediu este atunci

$$H = \frac{1}{2} log_2 \left(1 + \frac{P_s}{P_p}\right).$$

E) Pornind de la considerațiile lui Cl. Shannon, putem deosebi (cel puțin) șase feluri de entropii informaționale :

1) Sursa mesajului o putem caracteriza printr-o entropie de intrare (în canal), $H(x)$.

2) La recepția mesajului, acesta poate fi caracterizat printr-o entropie de ieșire, $H(y)$.

$H(x)$ și $H(y)$ sînt entropii de ordinul întîi, pentru că probabilitățile p depind numai de o singură variabilă. Pentru a caracteriza însă dependența lui y de x (la recepția unui y_i există o anumită probabilitate să se fi emis un x_j), folosim entropii de ordinul doi. Acestea sînt :

3) Entropia globală a procesului de transmisie $H(x, y)$.

4) *Transinformația* care caracterizează acoperirea (corespondența) între mesajul emis și cel recepționat, $R(x, y)$ (unii autori o notează cu $T(x; y)$.

5) Zgomotele și falsificările pe canal duc la o *echivocare*. Entropia de echivocare $H_y(x)$ exprimă diferența dintre entropia de intrare și transinformație.

6) Se poate vorbi și de o *entropie de disipare* (sau de *irelevanță*) atunci cînd mesajul este „diluat" prin simboluri nesemnificative : $H_x(y)$.

Relațiile cantitative dintre aceste entropii sînt date în anexă.

F) O problemă importantă este *stabilitatea la perturbații*. Un mesaj stabil este demn de încredere, are *fiabilitate (reliability, nadejnosti)*. „Zgomotele" sînt de mai multe feluri ; teoria acordă o atenție deosebită perturbațiilor prin impulsuri, perturbațiilor de fluctuație și zgomotului *alb*. Ele sînt perturbații aleatorii. În cazul zgomotului alb, valorile instantanee ale semnalelor se distribuie după legea „normală" a lui Gauss, cunoscută din teoria probabilității. Pentru Shannon, zgomotul alb are (corespunzător unei anumite bande de frecvențe) entropia maximală termodinamică.

Valoarea maximală a entropiei informaționale a unui zgomot (avînd abaterea-tip egală cu σ) este

$$H_R = \log (\sigma \sqrt{2\pi e}).$$

Neidhardt a arătat [9] că între H_R și eficiența informațională η :

$$\eta = \frac{H(y)}{H(x)}$$

există o relație simplă. Acest indice η este „mai bogat în informații" pentru descrierea transmisiei decît factorul de eficiență entropică descris de Shannon și care ținea seama numai de dispersia normală :

$$N' = \frac{p^2}{(\Delta x)^2}$$

Același autor a mai arătat că pentru caracterizarea calității transmisiei pot fi utilizați coeficienții de corelație elaborați de statistica matematică. Aceste noțiuni „semnalează" legătura profundă dintre statistica matematică și teoria informației.

În afară de zgomote, se mai deosebesc *distorsiuni* (deformări sistematice ale mesajului) și *diafonii* (rezultînd din interacțiunea dintre canale).

G) Problema *codificării* are mai multe aspecte, dintre care citățm :

1) Alegerea codurilor cu stabilitate mărită la perturbații. În acest sens s-a arătat că există coduri care permit detectarea perturbațiilor și altele care permit corectarea lor (impropriu numite „coduri autocorectoare"). Asupra acestor probleme vom reveni ulterior.

O teoremă centrală a teoriei informației arată că se poate găsi un cod care să facă perturbația oricît de mică dorim. Teorema lui Shannon nu ne dă indicații pentru *găsirea* concretă a codului.

2) Alegerea codurilor care permit codificarea sau decodificarea cea mai facilă (sau, dimpotrivă, cea mai

[9] P. Neidhardt. *Die Informations theorie als Grundlagewissenschaft der Kybernetik*, în *op. cit.*, p. 406.

dificilă : ultima este legată de problemele de criptografie).

3) Alegerea codurilor care să facă o maximă economie de semnale, respectiv care să minimalizeze lungimea mesajului.

Firește că toate aceste probleme sînt importante acolo unde avem de-a face cu transmiteri mediate de informație, prin stațiuni (relee) intermediare, combinate sau nu cu stocare de informație : de exemplu în funcționarea aparatelor neuropsihice și a celor genetice (eredobiologice).

Menționăm în treacăt că, uneori, „echivocarea" este *căutată* nu numai în scopuri de dezinformare, ci și în alte scopuri (de exemplu, efecte ilariante sau poetice).

DESPRE INFORMAȚIA STRUCTURALĂ

A) După R. Mouton (1964) noțiunea de informație (structurală) moleculară introduce parametrul hotărîtor care separă *chimia organică* de *biochimie;* această noțiune permite totodată caracterizarea *biochimiei* macromoleculelor, prin contrast cu *chimia* macromoleculelor pur și simplu. Chimia macromoleculelor, de care se ocupă, de pildă, specialistul în mase plastice, lucrează cu polimeri obținuți prin repetarea aceleiași unități structurale; cînd unitățile structurale nu sînt (riguros) identice, diferențele dintre ele sînt neglijate (căci sînt neglijabile din punctul său de vedere). Din punctul de vedere al biochimiei informaționale, interesează tocmai diferențele structurale dintre unitățile componente *(meri)* și posibilitatea de a obține, cu ajutorul lor, edificii complexe (copolimeri), care să difere între ele fie prin natura componentelor, fie prin ordinea (secvența) lor (în lanț), sau prin amîndouă. Interesează ceea ce este specific moleculelor, în aceeași măsură ca și ceea ce le aseamănă (sau mai mult decît ceea ce le aseamănă). Biochimistul se ocupă, evident, și de proprietățile macromoleculelor alcătuite din unități structurale identice sau nu, în care nu

intervine o astfel de specificare chimică. Valoarea mecanică a colagemului sau valoarea energetică a amidonului sînt studiate satisfăcător și fără noțiunea de informație. Dar atunci cînd examinăm notele caracteristice ale moleculelor în ce privește capacitatea lor de a funcționa ca semnal sau comandă în sistemele dinamice complexe, completarea amintită se impune [10].

B) Pentru a aborda problema informației „conținută" în moleculă trebuie să luăm în considerare părțile sale diferite și diferitele proprietăți ale acestora (care pot fi deosebite fizic). *Factorul geometric* poate fi analizat pe baza teoriei grafelor (Karreman, 1955; Trucco, 1956). Grafele sînt șiruri de puncte conectate prin linii; unele dintre aceste linii pot avea direcții determinate. Dacă cele două puncte ale unui graf simplu nu pot fi deosebite unul de altul, iar legătura (conexiunea) nu este direcționată, conținutul informațional topologic (cel care depinde numai de poziția reciprocă) este nul. Dacă conexiunea este direcționată, putem vorbi de două puncte : unul inițial și unul fizic; conținutul informațional topologic este egal cu un bit ($\log_2 2 = 1$). Într-un graf cu trei puncte liniare, direcționat, toate punctele sînt distincte din punct de vedere topografic iar informația este de $\log_2 3 = 1{,}59$ bit. Dacă cele k puncte distincte pot fi diferențiate și *fizic*, prin cîte m stări (sau diferențe de natură), conținutul informațional crește la $\log_2 k^m$.

Ureea este o moleculă simplă alcătuită din 8 atomi. Pentru specificarea *numărului* de atomi ne trebuie $\log_2 8 = 3$ biți. Pentru identificarea fiecărui atom ne trebuie peste 1 bit de atom (în total 13 biți) [11]. Încă 4 biți ne sînt necesari pentru a alege configurația specifică din totalitatea combinațiilor ce se pot face

[10] V. Săhleanu. *Informația structurală și informația chimică a macromoleculelor*, în „Fiziologie normală și patologică", 1965, vol. 11, nr. 4, p. 311.

[11] În materia vie se întîlnesc cam 60 de elemente; pentru a „alege" un atom dintr-un anumit element „avem nevoie" de o informație de $\log_2 60 \approx 6$ biți, *în cazul echiprobabilității*. Dar pentru că frecvența cu care se întîlnesc atomii de diferite elemente este inegală, necesitățile informaționale scad pînă spre 1,5 biți pe atom.

cu acești atomi. Suma este de 17 biți (după N. Rashevsky, 1960).

C) Quastler a făcut remarca interesantă după care, pentru descifrarea informației structurale, metodele chimice trebuie să fie obligator completate prin metode fizice. Chimia analitică poate identifica o substanță dintre cele 10^7 pe care le cunoaște, aceasta corespunzînd la 23 biți de informație. Analiza roentgenografică poate obține 10^4 biți, lucrînd cu un cristal de 1 mm. O macromoleculă biologică conține însă $10^3 - 10^5$ biți, ceea ce impune folosirea unor metode conjugate, complementare.

Adăugăm că metodele morfologice (microscopice, electromicroscopice) sînt o combinație de metode fizice și chimice.

D) Pentru a estima informația structurală a unei celule putem proceda în mai multe feluri. Presupunem că atît compoziția atomică cît și volumul sînt cunoscute. Volumul este divizat într-un număr de volume atomice elementare. Pentru a specifica sistemul, avem nevoie să stabilim [12] care tip de atom este prezent în fiecare volum elementar, ca și legăturile între acest atom și cei șase vecini apropiați. *Atunci, dînd simbolul potrivit fiecărui volum elementar, specificarea noastră constituie un mesaj.* Pentru a calcula informația medie pe simbol, considerăm probabilitatea P_{ij} de a avea tipul i de atom în starea de legătură j. Informația medie este atunci dată de formula entropiei. Dacă știm compoziția medie a bacteriilor uscate, putem calcula pe p_i; mai presupunem că toate tipurile de configurații de legătură sînt echiprobabile. Rezultă atunci că H este de ordinul a 4 biți pe atom. Dacă ținem seama de faptul că aceste configurații nu sînt echiprobabile, cifra scade spre 3,0 biți. Cifra medie de biți pe atom, înmulțită cu numărul total de atomi dintr-o celulă ($6 \cdot 10^{10}$ într-o celulă bacteriană) ne dă numărul de biți structurali în acea celulă.

Conținutul de informație dintr-o celulă vie poate fi estimat și pe cale *termodinamică*. Alegîndu-ne o

[12] Bineînțeles, într-o anumită secvență convențională.

bacterie care are surse simple de energie (și surse simple de carbon), din măsurători și din considerente privind entalpia și energia liberă a acestor reacții, se calculează variația de entropie pentru fiecare gram de carbon din celulă, de unde posibilitatea de a calcula „negentropia" celulei (Linschitz). Relația

$$H = \frac{S}{R \ln 2}$$

ne ajută să „convertim" negentropia în unități de informație. Ordinul de mărime al entropiei celulare mai poate fi estimat și cercetînd consumul energetic al celulei în multiplicare prin aceeași „conversiune" a entropiei termodinamice în echivalente informaționale.

E) Cu problema determinării valorii informaționale *a schemelor* s-a ocupat la noi Edm. Nicolau, lucru de altfel explicabil prin formația sa de inginer electronist. „Dacă există tratate de mecanică în care să nu apară figuri, în schimb nu există tratate de electronică fără scheme" [13].

O primă metodă este aceea a considerării schemelor ca fiind formate din elemente: dispozitive electronice de circuit (tuburi electronice, diode, tranzistoare etc.), rezistențe, bobine, condensatoare. După aceea, considerînd un mare număr de scheme, se determină frecvențele de apariție a diferitelor elemente și, plecînd de aici (de la *statistica* lor), se calculează entropiile diferitelor scheme.

O altă metodă constă în a considera în primul rînd toate schemele posibile formate dintr-un număr n dat de elemente. Putem face abstracție de natura elementelor, fiecare element fiind prezent în schemă numai prin bornele sale. Se evaluează numărul legăturilor posibile între elemente: fiecare legătură unește două borne etc. Numărul schemelor posibile se reduce considerabil dacă reținem pe cele care au sens tehnic.

[13] Edm. Nicolau în *Introducere în lingvistica matematică*, București, Editura științifică, 1965, p. 288.

Este necesar să se precizeze că în scheme nu ne interesează întotdeauna numai aspectul lor topologic, ci — în practică — și valorile pieselor, tipul elementelor active din circuit etc. Aceasta se face prin tabele anexate la schema topologică sau la textul echivalent cu aceasta; asemenea tabele au o *valoare informațională* care poate fi evaluată. Fiecare valoare a unei piese corespunde unei alegeri efectuate din mulțimea valorilor „posibile": alegerea se face întotdeauna dintr-o mulțime finită, elementele avînd valori standardizate. Sînt valorile pieselor fabricate și care se găsesc în cataloage [14].

G) Conținutul informațional al schemelor cu contacte și relee are aplicații neurologice. Neuroni „idealizați" — capabili de numai două stări (excitație — repaos) — prin interconectare pot da o imensă varietate de stări ale ansamblului, care poate fi o indicație privitoare la capacitatea memorială a rețelei neuronale (McCulloch și Pitts) sau la originalitatea comportamentului.

[14] De problema specificității (respectiv informației) de configurație a rețelelor electrice s-au ocupat, printre alții, Tellegen (1940) și Gilbert (1961).

SECȚIUNEA A II-A

INFORMAȚIA ÎN BIOLOGIE

TRIADĂ SAU TETRADĂ METODOLOGICĂ?

Dacă informația nu e „nici materie, nici energie" (N. Wiener), atunci este natural să ne întrebăm dacă nu ar fi util să cercetăm toate sistemele sau fenomenele care ni se prezintă dintr-un triplu punct de vedere: al substanței, al energiei și al informației. Am propus (1965) ca această treime să fie considerată ca o *triadă metodologică*, argumentînd importanța ei pentru biologie (și, în particular, pentru fiziologie, unde ar putea alcătui *fundamentul* fiziologiei teoretice). „Aceste trei concepte ar trebui să dobîndească în domeniul biologiei funcția unor idei regulatoare și ordonatoare în sensul kantian al acestui cuvînt... Deși apartenența exclusivă a unei realități biologice la domeniul oricărei părți a acestei triade este greu de stabilit *in concreto*, trebuie să examinăm fiecare fapt, rînd pe rînd, sub cele trei aspecte distincte care îi corespund" [1].

Dacă cibernetica este centrată în jurul conceptului de informație și în jurul celui de reglaj și dacă nu există (sau aproape nu există) raporturi naturale de tip informațional în afara vieții, aceasta nu justifică anexarea vieții la domeniul ciberneticii: pentru simpla rațiune că viața ne interesează și sub laturile sale

[1] V. Săhleanu. *La triade methodologique: substance, énergie, information — comme fondement de la physiologie théorique.* „Helgoländer wiss. Meeresunters.", 1966, vol. 14, p. 33.

substanțiale și energetice. Mai mult, chiar reglajul nu poate fi în întregime anexat ciberneticii, existînd autoreglaje substanțiale și energetice de tipul oscilațiilor de relaxare.

În această lucrare se mai propun distincțiile între informație operatoare și informație structurală; între informație „legată" și „actualizată" (sau liberă). Substanța vie este „impregnată" cu informație grație unei cheltuieli continue de energie. Orice act vital, de categoria celor plastice (substanțiale), energetice sau informaționale, presupune o „substratare metabolică"; orice acțiune *mai ales* informațională (cum ar fi învățatul) se reflectă în aspectele substanțiale sau energetice. O substanță poate fi utilă pe linie plastică, energetică sau numai informațională (de exemplu hormonii). Aceste *relații de reciprocitate* între elementele triadei sînt mai evidente pe planul biologiei moleculare. Dar ele nu justifică *confundarea* aspectelor. „Faptul de a fi conștient de necesitatea de a aborda cele trei aspecte ale fiecărei (noi) probleme biologice va scurta mult calea către soluționarea ei". Ilustrările (sumare) din lucrare se referă la fenomene ca: adaptarea, obișnuința, homeostazia și evoluția. O analiză pe baza „triadei" este mai subtilă și mai coerentă decît analizele curente. Este limpede că adaptarea la un toxic, la o radiație calorică sau la o sursă sonoră monotonă implică mecanisme distincte, ascultînd de legi distincte[2].

Deși s-ar părea că noțiunea de substanță „nu pune probleme", tocmai aici se întîlnește *echivocul* ridicat de formele și de structurile specifice ale vieții. *Forma* nu este oare *in-formație?* De aceea, într-o lucrare ulterioară [3] am preconizat o *tetradă* metodologică: substanță, energie, informație, *structură*.

[2] Un paralelism interesant este cel între transferul de grupe sau radicali, transferul de sarcină (Mulliken) și transferul de informație (ADN — proteine).

[3] Tr. Gheorghiu, T. Grossu, V. Săhleanu. *Introducere în biofizică*, București, Editura științifică, 1967.

O abordare a principalelor probleme biologice și medicale generale, folosind *consecvent* triada (respectiv tetrada) metodologică, se găsește în versiunea rusă a expunerii despre *Chimia, fizica și matematica vieții* [4]. În ediția română [5], aspectele „substanță, energie, informație, formă" erau tratate *ocazional*, accentul fiind pus pe „triada" biochimie, biofizică și biomatematică în legătura lor reciprocă.

VIAȚA, ENTROPIA TERMODINAMICĂ ȘI INFORMAȚIA

A) Nu este în intenția noastră de a face aici sumarul discuțiilor purtate în jurul aplicabilității principiului II al termodinamicii la fenomenele vitale. Au fost opinii după care acest principiu este inaplicabil (s-a vorbit de *ectropie* în loc de entropie); celulei vii i s-au atribuit însușiri de „demon maxwellian" etc. O clarificare a problemei a început să se producă o dată cu elaborarea teoriei sistemelor deschise. Termodinamica clasică se aplică sistemelor închise (care nu fac schimb de substanță cu mediul); dar sistemul viu este un sistem deschis. În aceste sisteme intră, o dată cu substanța (purtată de ea), nu numai energie, ci și negentropie. Cu alte cuvinte, sistemele vii își pot scădea entropia pe seama unor „împrumuturi" din mediu [6]. Și menținerea structurii vii, foarte diferențiată, necesită energie; se poate spune că viața, prin împrumut de energie solară, ajunge să se opună degradării energiei și chiar să folosească această energie pentru organizarea antientropică a unei părți din mediu. H. Laborit face observația că și menținerea structurilor sociale cere surse suficiente de energie (azi omul face apel la energia

[4] V. Săhleanu. *Himiia, fizika i matematika jizni*, București, Editura științifică, 1969.

[5] V. Săhleanu. *Chimia, fizica și matematica vieții*, București, Editura științifică, 1965 (dar redactată în 1960—1961).

[6] Cu privire la istoricul problemei, vezi *anexa* la lucrarea lui Trincer (1964), citată mai departe; de asemenea, în Tr. Gheorghiu, T. Grossu și V. Săhleanu, *op. cit.*, p. 138 și urm.

nucleară: societății omenești, în evoluție, nu-i mai ajunge energia fotonică solară) [7]. Pentru acest autor, cibernetica sistemelor vii este subsumată tendinței de nivelare termodinamică [8]. După S. Hummel, *evoluția* organică este marcată de creșterea gradului de economisire și conservare a energiei, de inhibarea proceselor de degradare a energiei și de creșterea continuă a gradului de organizare pe seama utilizării energiei libere [9].

După cum se știe, E. Schrödinger (1944) a insistat [10] cu un deosebit ecou asupra faptului că animalele nu se hrănesc și nu beau „alimente", ci împrumută entropie negativă din mediu.

Asupra filiațiunii de idei dintre Schrödinger și aplicațiile biologice ale teoriei informației vom mai reveni.

B) Spre deosebire de A. Ducrocq, J. Guillaumaud admite că „fenomenele vitale verifică principiul al doilea al termodinamicii. O ființă vie contribuie la creșterea entropiei mediului în care trăiește; ea degradează ireversibil energia acestui mediu și sintezele pe care ea le realizează nu compensează această pierdere a negentropiei". Omul — prin tehnica sa — catalizează fenomenele de nivelare energetică, „agravînd" acest proces. Supusă în ansamblul ei principiului lui Carnot, viața constă în apariția și dezvoltarea unor ființe (din ce în ce mai) improbabile. Aceasta înseamnă că, pentru a caracteriza apariția și dezvoltarea vieții, considerentele energetice sînt insuficiente și sînt necesare considerente *informaționale* [11].

C) K. S. Trincer [12] privește evoluția și adaptarea biologică ca pe o creștere de informație. Problema pe care își propune s-o rezolve este precizarea matematică

[7] H. Laborit. *Du soleil à l'homme*, Masson, Paris, 1963, p. 129—131.

[8] *Op. cit.*, p. 17.

[9] J. Hummel. *Natürlicher Ablauf der Entropievermehrung und die Lebenserscheinungen*, Leipzig, 1942.

[10] E. Schrödinger. *What is life?*, Cambridge, 1945.

[11] J. Guillaumaud, *op. cit.*, p. 172.

[12] K. S. Trincer. *Biologhiia i informatiia*, Moskva, Izd. Nauk, 1964.

a relațiilor existente între informația I, negentropia S_N și „probabilitatea termodinamică" W (ca o măsură a dezordinii în sistem). Dacă A_{min} este lucrul minim necesar pentru „a compensa" fluctuațiile termice la temperatura T, atunci

$$S_N(t) = \frac{A_{min}}{T} ln\ I(t)$$

Autorul presupune că există o creștere logaritmică a informației cu timpul în organismele vii (ontogeneză) și o lege exponențială, asimptotică, a completării informației în cursul filogenezei.

D) Tentative de a prezenta funcțiile de autoreglare, control și prelucrare a informației ca latură esențială, definitorie a vieții au fost făcute de N. A. Bernstein (1962), V. Trapeznikov (1962), A. N. Kolmogorov (1962), A. A. Liapunov (1964), I. Peatnițchi (1969) [13].

Definiției substanțiale (sau *substanționale*) a vieții — care leagă viața de substanțele proteice —, referința la autoreglare îi adaugă un punct de vedere „funcțional" (însă, după părerea noastră, acest punct de vedere poate fi, la rîndul său, „clivat" într-un punct de vedere energetic[14] și unul informațional). Insistența lui I. Peatnițchi asupra *structuralității* și asupra organizării *sistemare* poate fi apropiată de insistența cu care noi am subliniat că structurarea specifică a substanței și a energiei este o premisă a legăturii informaționale. Ea aduce un corectiv necesar viziunii (prezentată și de noi în 1958, 1962) după care aprecierea unilaterală a morfologicului în biologie și a lezionalului în patologie exprimă punctul de vedere al „plasticii", cu accentul pe substanță.

E) Iugai privește informația ca măsură a ordonării (organizării, *uporiadocennosti*) sistemelor vii. Funcția

[13] I. Peatnițchi. *Dialectica vitalității organismelor*, București, Editura Academiei R.S.R., 1969, cap. III.

[14] I. Peatnițchi înglobează teoria vitalității a lui T. D. Lîsenko printre teoriile *energetiste* ale vieții.

informației se exprimă prin iritabilitate și reactivitate. Aceste două aspecte corespund informației potențiale și informației realizate[15]. Reactivitatea (înțeleasă ca excitabilitate) are, evident, un caracter mai concret.

INFORMAȚIE ȘI BIOFIZICĂ

În ultimul deceniu, noțiuni de teoria informației au intrat în manualele de biofizică. Căile de introducere sînt cîteva : codul genetic, abordarea informațională a performanțelor organelor de simț, neurocibernetica[16]. Cărțile de *biofizică moleculară* includ, inconstant, date despre legătura dintre informație și entropie și estimări de „informație structurală". Capitolul care le include este etichetat, uneori, „legi energetice și statistice"[17].

Puține lucrări și-au propus să sistematizeze măcar o parte din material după criterii informaționale. În această privință se pot menționa două volume ale autorului rîndurilor de față.

A) Cursul de *Biofizică*[18] (predat la Facultatea de biologie-geografie din Cluj între 1963 și 1969) traduce în viață un „program" expus cu un an înainte[19]. Cursul este structurat din perspectivă energetică, însă energia este privită sub dublul aspect : de „capacitate de lucru" (sau „sursă de lucru" — de exemplu, lumina pentru plante) și de „purtătoare de informație" (de exemplu,

[15] G. A. Iugai. *Substanționalnîi prințip organizații jivoi sistemî*, în vol. *Problema țelostnosti v sovremennoi biologhii*, Moskva, Izd. Nauka, 1968, p. 16.

[16] Vezi W. Beier. *Biophysik*, Leipzig, 1961; G. Ackerman. *Biophysical science*, Englewood Cliffs, 1962; M. Derkaci. *Osnovi biofiziki*, Lvov, 1967.

[17] R. Setlov a. E. C. Pollard. *Molecular Biophysics*, Addison-Wesley Co., Reading, 1962 (cap. III, § 8).

[18] V. Săhleanu. *Biofizica*, București, Editura didactică și pedagogică, 1966.

[19] V. Săhleanu. *Biofizica în învățămînt și cercetarea științifică*, în „Tribuna" (Cluj) 1962, an. 6, nr. 32 (288), p. 8.

sunetul pentru animale). Practic, aceasta înseamnă în primul rînd analizarea (sau măcar caracterizarea) valorii de excitant a diferitelor forme de energie (și chiar — pentru comparație — a substanțelor chimice : de exemplu, este inclus și studiul „apei ca excitant").

Considerații „informaționale" se întîlnesc și în subcapitolele rezervate *metodicii fizice* în biologie. Ulterior [20], efectul specific a fost corelat cu latura informațională, iar efectul nespecific — cu influența energetică.

B) În *Introducere în biofizică* [21], concepția despre „energie ca purtătoare de informație" este expusă în capitolul final, de *cibernetică biofizică*.

TEXTUL PROTEIC

Ce putem spune despre „textul proteic" ?[22]

Branson [23] a fost cel dintîi autor care a căutat să evalueze „cantitatea de informație" structurală conținută într-o macromoleculă proteică.

Conținutul total de informație I_t a unei proteine poate fi privit ca o sumă de doi termeni : I_s, care depinde de secvența aminoacizilor, și I_c, care depinde de configurația lanțului peptidic în molecula activă. I_s are o valoare maximă de $\log_2 20 = 4{,}32$ biți pentru fiecare rezidiuu (cînd cei douăzeci de aminoacizi, întîlniți în mod invariabil în proteine, ar apărea echiprobabil). I_c este mult redusă în cazul în care legăturile intramoleculare produc structuri ce se repetă, ca în cazul struc-

[20] *Intensitate și specificitate în acțiunea biologică a factorilor fizici*, „III. Simp. Biofizică, USSM", Iași, 14—15 octombrie 1965.

[21] Tr. Gheorghiu, T. Grossu, V. Sähleanu. *Introducere în biofizică*, București, Editura științifică, 1967.

[22] M. Ycas. *The protein text*, în *Symposium on Information Theory in Biology*, London, Pergamon Press, 1958, p. 70—102.

[23] H. Branson. *Information theory and the structure of proteins*, în vol. *Information Theory in Biology*, Urbana, 1953, p. 84—104.

turilor elicoidale. Considerații de detalii ne duc la concluzia că

$$I_c < I_s \text{ și că } I_t > 500$$

pentru proteinele nestructurale.

După anumite estimări, cantitatea de informație ce trebuie transmisă pentru funcționarea potrivită a enzimelor sau a anticorpilor este de numai circa 10 biți [24]. Această discrepanță poate fi explicată în parte prin redundanță. Dar proteinele îndeplinesc mai multe funcții și noi evaluăm curent doar „informația" de pe un singur canal.

În lumina cunoștințelor de azi, *informația genetică* este informația pe baza căreia se sintetizează proteinele. I. Cotăescu exprimă această idee într-un mod deosebit de pregnant [25].

INFORMAȚIA GENETICĂ (ȘI EREDITARĂ)

A) E. Schrödinger (1945) a sugerat că specificitatea unui organism viu, realizată în corespondență cu ordinea structurală de detaliu, de-a lungul unui fir cromozomial, are un caracter „digital" și „combinatoric" (Yockey, 1957). Schrödinger se întreabă în ce fel nucleul oului fertilizat poate conține un codex elaborat *(codescript)* cuprinzînd întreaga dezvoltare viitoare a organismului. „O asociație bine ordonată de atomi, avînd o suficientă rezistență ca să-și păstreze în permanență ordinea, pare să fie singura structură materială ce poate fi concepută, care să ofere o varietate de aranjamente posibile (izomerice), suficient de cuprinzătoare pentru un sistem complicat de determi-

[24] L. G. Augenstine. *Protein structure and information content*, în *Symposium on Information Theory in Biology*, p. 111.

[25] I. Cotăescu. *Materia vie*, București, Editura științifică, ed. a II-a, 1968. Pentru întreaga problemă, vezi I. Drăghici, I. Popescu și I. Anghel. *Funcția epistemologică a modelării informaționale a unor procese fiziologice și psihologice*, în „Revista de filozofie", 1969, vol. 16, p. 681—692.

nări într-o limită spațială strîmtă. În adevăr, numărul atomilor într-o astfel de structură nu trebuie să fie prea mare, pentru a produce un număr aproape nelimitat de aranjamente posibile". Pentru exemplificare, autorul arată că, folosind 5 semne în grupuri de pînă la 25, numărul eventualităților ajunge la 372 529 029 846 191 405.

Idei similare au fost publicate de A. L. Dounce (1952), J. D. Watson și F. H. Crick (1953), G. Gamow (1954), ultimul discutînd „relațiile posibile între A.D.N. și proteine" și (1955) vorbind despre „transferul de informație de la acizii nucleici la proteine".

B) Pentru I. I. Șmalhauzen informația ereditară transmisă de la ou (zigot) pînă la celulele sexuale primare ale individului matur este *un canal de comunicație* a sistemului cibernetic ecologic-evolutiv. Al doilea canal este situat la nivelul de organizare a individului și servește la transmiterea „informației inverse" de la fenotip la biocenoză. Evenimentele întîmplătoare cu semnificație de perturbații sînt reprezentate prin numeroși factori externi. Selecția stabilizantă (în folosul normei stabilite) realizează eliminarea devierilor. Rezistența la perturbații a genomului se menține prin repetarea informației (poligene, duplicații, poliplodie), prin izolarea genomului în nucleu sub protecția mecanismelor reglatoare ale celulei și ale întregului organism în ansamblu. Rezistența la perturbații a mecanismului *transformării* informației ereditare în fenotip este asigurată prin homeostazie și corelații interne, prin izolarea și protecția pasivă („secluziunea" lui E. Racoviță, am zice noi), prin legăturile în sisteme biologice de ordin superior (turme, colonii etc.).

După I. I. Șmalhauzen, „întregul sens al dezvoltării individuale constă în transformarea informației ereditare în sistemul de legături vitale ale organismului cu mediul extern" [26]. Îmbinarea bazelor în gene, a genelor în cromozomi etc. nu se face absolut liber, și acest

[26] I. I. Șmalhauzen. *Informația ereditară și transformările ei*, în „Analele româno-sovietice. Biologie", 1959, an. 13, nr. 2 (41), p. 27.

fapt poate aminti de gramatică. Cantitatea maximă de informație s-ar măsura prin logaritmul numărului de gene.

C) Dezvoltarea geneticii moleculare se axează, în ultimii 15 ani, în jurul modelului dublu elicoidal al macromoleculei de A.D.N.[27] purtătoare a „informației ereditare".

D) Implicațiile genetice (legate de *duplicare* prin *replicare*, cu autocopierea fiecărei panglici) au fost întrevăzute imediat[28].

În anul următor, G. Gamow (fizician-teoretician cunoscut, între altele, prin lucrări de fizică *nucleară* și astrofizică, dar ale cărui preocupări includ și „jocurile" sau „amuzamentele" matematice, interesat în justificarea așa-numitelor „numere magice" întîlnite în fizica atomică) a încercat să dea o justificare faptului că *numai* 20 de aminoacizi diferiți sînt prezenți în componența proteinelor. Acest „număr magic" al biochimiei i s-a părut a fi expresia soluției la o problemă de codificare [29]. Patru feluri de unități *(items)*, luate cîte trei, dau 20 de combinații diferite, dacă facem abstracție de ordinea lor. Grupînd cîte două baze, am obține $4^2 = 16$ grupe diferite (dublete), ceea ce ar fi prea puțin (totuși, un *doublet code* a fost elaborat de R. Roberts, 1962). Grupînd cîte trei baze, am obține $4^3 = 64$ de triplete; unele trebuie să fie necesarmente sinonime (mai multe triplete diferite codifică pentru același aminoacid), în care caz codul ar fi *degenerat* (s-ar putea ca unele triplete să codifice virgule) [30]. Această „numerologie" modernă amintește vag pe cea

[27] J. D. Watson și F. H. C. Crick. *Molecular structure of nucleic acid.* „Nature", 1953, vol. 171, p. 737—738.

[28] J. D. Watson și F.H.C. Crick. *Genetical implications of the structure of deoxyribose nucleic acid.* „Nature.", 1953, vol. 171, p. 964—967.

[29] G. Gamow. *Possible mathematical relation between deoxyribonucleic acid and protein*, „Dansk. Biol. Medd.", 1954, vol. 22, nr. 3.

[30] H. Crick, J. S. Griffith și L. E. Orgel (1957) au ajuns la numărul 20 pe baza ipotezei după care unele triplete n-ar avea sens

pitagoriceană; ea înseamnă o „reabilitare a aritmeticii" și exprimă, de fapt, strînsa legătură între *cantitate* și *calitate* în biologie.

Descoperirea rolului de *adaptor* al A.R.N-solubil (de transport), purtător de aminoacizi ca și de anticodoni[31], a ridicat problema *universalității* codului, transferînd-o din domeniul teoretic în cel *experimental*.

Sugestia după care unui anumit aminoacid îi corespunde un triplet nucleotidic este singura contribuție pe care o putem recunoaște, *cu toată rigurozitatea*, teoriei clasice a informației, la descifrarea codului genetic și la edificarea teoriei informației genetice. Restul „împrumuturilor" sînt neriguroase și se referă la teoria generală a comunicațiilor mai mult decît la teoria matematică a informației (de tip Shannon).

Verificarea supoziției (ipotezei tripletului) este opera biochimiștilor (Nirenberg, Ochoa, Matthaei, Kornberg ș. a.) și s-a făcut pe cale *experimentală*. Identificarea mecanismelor de transcriere, transmitere, traducere a informației genetice este de resortul chimiei experimentale, al biologiei moleculare și al citochimiei (nu este o problemă de teorie matematică a informației). După părerea noastră însă, concluziile sale sînt de resortul unei *științe generale* a informației.

Procesele implicate în păstrarea, transmiterea și „realizarea" informației genetice au aspecte substanțiale, energetice și structurale.

Evoluția geneticii moleculare a arătat utilitatea unor considerații matematic-cantitative. Dar cu ajutorul unor astfel de considerații putem elabora și ipoteze caduce. Cercetarea modalităților concrete informaționale în eredobiologie lasă fatal în urmă un șir de ipoteze și teorii neconfirmate sau infirmate, care deci *nu au valoare* pentru genetică (eredobiologie). Înseamnă oare că ele „și-au trăit traiul" sau — în cazuri mai puțin fericite — au fost numai niște avortoni?

Sîntem de altă părere. Atîta timp cît aceste ipoteze au *consistență*, nu sînt contradictorii *(sînt autoconsistente)* și nu sînt în contrazicere cu principii și legi ale fizicii și ale chimiei, ele au valoarea de *descriere explicită a unor posibilități*. Din cauze care urmează a fi înțelese pe parcursul dezvoltării biologiei, aceste *soluții* la probleme informaționale n-au fost adoptate de către natură. Ele ar putea să fie adoptate de către inginerii care construiesc mașini informaționale.

[31] „Recunoașterea" locului potrivit se face grație unei corespondențe spațiale parțiale a celor două molecule.

G) N. Jukov-Verejnikov (1966) consideră că teoria informației — așa cum a fost elaborată de către inginerii de telecomunicație și de către matematicieni, ca și cibernetica, așa cum a fost înțeleasă (cel puțin inițial) de către Wiener — nu poate să satisfacă pe biologi și în special pe geneticieni.

În sistemele biologice genetice, elementul de întîmplare este redus la minimum; sistemul informației genetice nu este stocastic; fenomenele sînt de natură chimică; modelarea utilă este cea biologică. Această modelare se axează pe *relații* între elemente (= ceea ce se păstrează, cu toate că se schimbă fiecare dintre elementele puse în relație)[32]. Ea caută un maximum de note asemănătoare, în contrast cu modelarea cibernetică — stocastică, fizică — în care se utilizează un minimum de note similare, chiar neesențiale, care permit însă studiul cantitativ[33].

N. Jukov-Verejnikov preconizează, în continuare, constituirea unei *teorii generale a informației și a reglării* ca o specialitate *filozofică* fundamentată pe cibernetică (pe care o privește ca pe „teoria fizico-matematică a informației") și pe *teoria informației biologice* (sau pe teoria biologică a informației?) din care face parte integrantă *teoria informației genetice*. Noțiunea fundamentală de informație este gîndită concret ca semnal, semn, element de structură prin care se poate transmite o comunicație; prin care se indică (se marchează, se desemnează) o deosebire între obiecte, procese, influențe, structuri, însușiri. Pentru biolog, informația este mai

[32] Relații între nucleotide induc relații analoge între aminoacizi. Nu se transmit „structuri", ci un anumit tip de structurare.

[33] N. Jukov-Verejnikov. *Teoriia gheneticeskoi informații*, Moskva, Izd. Misl, 1966, p. 9—17.

ales un ansamblu de semnale reale. Pentru genetician, „informație" sînt semnele înscrise în structurile chimice subcelulare și celulare.

Jukov-Verejnikov se ocupă exclusiv de „etajul" biologiei moleculare; dar procesele ereditare de la etaj cromozomic, sau „destinul" informației ereditare legat de combinările de gene, în cursul generațiilor rezultate din fecundări, de exemplu, sînt și ele interesante pentru o știință a informației ereditare [34].

H) Afirmația lui Engels *(Dialectica naturii)* după care viața este o formă de manifestare a însușirilor deosebite ale corpurilor albuminoide (proteine) rămîne valabilă și azi. Proteinele sînt „baza vieții", ele îndeplinesc funcțiile caracteristice ale sistemelor vii, mai ales grație capacităților lor fermentative (enzimatice, biocatalitice). Proteinele nu au însă capacitatea de a se autoreproduce, de a se duplica, de a sintetiza o nouă proteină identică sau complementară cu cea preexistentă. Sinteza proteică este un proces *programat*, iar acizii nucleici sînt cei care programează structura fermenților și a altor proteine funcționale. Azi știm că noile lanțuri polipeptidice se produc după principiul „copie de matriță" (ca la tipografie). Acizii nucleici nu par să aibă alte funcții însemnate în afara celor informaționale; ei sînt substanțe specializate pentru păstrarea acestui program și pentru îmbogățirea sa de-a lungul generațiilor. „Viața reală" nu se reduce însă la transmiterea caracterelor ereditare! ADN ar putea fi considerat ca substrat al vieții numai atunci cînd dezvoltarea individuală s-ar rezuma la realizarea programului; dar *dezvoltarea* este schimbare, și nu numai desfășurare de program. Oricum, funcția informațională (analogă celeia de „cartelă perforată") pe care o are ADN nu este o *funcție executivă;* realizarea programului necesită metabolism. La afirmația clasică

[34] Autorul vorbește despre informație *genetică*, și nu despre informație *ereditară*. „Mesajul" pe care-l urmărește este cel de *actualizare* a informației latente din ADN (informația genetică *primară*), în proteine mai întîi (informație genetică *secundară*), apoi în rezultatele activității proteinelor funcționale (informație genetică terțiară) etc.

a lui Engels s-ar putea adăuga propoziția: „grație acumulării și păstrării de informație genetică primară" [35].

I) Modul în care concepem azi informația ereditară se folosește amplu de *analogii lingvistice*. După Zerbe (1964), ne găsim în fața unei „limbi microscopice", care este „cea mai veche limbă de pe pămînt".

Semnalul elementar (litera) este un nucleotid. Tripletul nucleotidic reprezintă cuvîntul. La o frază ar corespunde codonii pentru un întreg lanț polipeptidic (cistron). La un paragraf *(Absatz)* ar corespunde o serie de fraze legate de structurarea fermenților, necesari unui ciclu metabolic (operon). Un cromozom ar putea fi comparat cu un volum, iar genomul nuclear ar putea fi comparat cu o bibliotecă. Împărțirea sa în volume este o soluție la o problemă de maniabilitate. Diploidia sau poliploidia corespund la opere în mai multe exemplare (eventual cu adnotări și cu retușări). O deleție este o fasciculă ruptă etc.

Pe de altă parte, *o copiere* fidelă (sau aproape fidelă) o întîlnim numai în replicarea ADN, grație structurii sale auto-complementare. Trecerea mesajului de la ADN la ARN este o *transcripție* într-un alfabet apropiat (cum ar fi din alfabetul rus de dinainte de revoluție în alfabetul rus modern). Trecerea mesajului de la ARN la proteine este o *traducere* (translație).

Replicarea ADN este un proces *sui-generis* datorită autocomplementarității structurale. Cele două panglici nucleotidice sînt identice, și nu „imagini în oglindă" (enantiomorfe). Imaginea tipografică de *matriță* nu este nici ea absolut potrivită. Este evident că „potrivirea" bazei azotate la locul corespunzător este un proces de *alegere* (procesul de bază în modelul clasic al teoriei informației!). În potrivirea aminoacizilor pe matrița ribozomială (ARN-r) joacă un rol factori adaptori: ARN-solubil cu *anticodoni*. Am putea spune că de la nivelul ADN la cel al proteinelor, „modelele" tehnice corespunzătoare trec din domeniul poligrafiei în cel al lăcătușeriei...

[35] N. Jukov-Verejnikov, *op. cit.*, p. 3 și 99—100.

Putem vorbi nu numai de „limba" ADN, ci și de „limba" proteinelor, a lipoidelor, a polizaharidelor, a însușirilor somatice... La nivelul procesului de transmitere a informației genetice primare, „înțeles" (sens) înseamnă particularitatea codonului, cistronului sau operonului cu funcție normală de codificare. Unui codon fără sens nu i-ar corespunde nici un aminoacid (dar această eventualitate este evitată prin degenerarea codului). Un cistron fără sens duce la o proteină disfuncțională. Un operon fără sens înseamnă un defect metabolic sau funcțional în sistemul celular. În aceste eventualități, alterarea semantică ar putea fi comparată succesiv cu apariția semnelor inexistente într-un alfabet (de exemplu $\wedge$ sau $\exists$), a cuvintelor inexistente într-o limbă (de exemplu *blba* în limba română), a cuvintelor ce nu-și au rost într-o frază, a frazelor care sînt bine construite gramatic, dar care n-au nici un înțeles. Nonsensul echivalează, în ambele cazuri, cu suprimarea valorii funcționale. Greșeala, eroarea, zgomotul sînt alegeri false, incorecte ale nucleotidului.

J) După E. Zuckerkandl și L. Pauling (1965), macromoleculele informaționale *(semantidele)* reprezintă nivelul de organizare al materiei vii care este „cel mai informativ" pentru stabilirea afinităților filetice. Ele sînt și (potențial) caracterele taxonomice „cele mai informative" (și nu caractere de specie, *printre altele*). Dacă privim organismul ca pe un *informostat*, care menține mai mult sau mai puțin constantă informația pe care o conține și care trece prin el, semantidele sînt „factori de constanță care definesc organismul ca pe o organizare netrecătoare". În semantide găsim cea mai mare concentrare de factori cauzali din lumea biologică. Semantidele primare (acizii nucleici) au un dublu rol : de informostazie, dar și de oferire a premiselor evoluției (prin mutație). „Conceptul de informație înlocuiește avantajos conceptul de cauză, fiind o unealtă mai bună în analiza realității" [36].

[36] În volumul *Evolving genes and proteins* (V. Bryson, H. J. Vogel eds.), New York, Academic Press, 1965, p. 98.

K) Întreaga evoluție filogenetică poate fi privită ca o dezvoltare cu diversificare a unui genom primitiv sărac, prin duplicare (E. B. Lewis, 1951), deleție, adiție, variație și recombinare. Un calcul simplu arată că intervalul de două miliarde de ani este de ajuns ca, pornind de la o genă, să se ajungă la cele 100 000 (?) de gene ale omului, admițînd o duplicare la cîteva milioane de ani (Zuckerkandl și Pauling). Această schimbare ar corespunde proceselor stocastice „spontane", datorite agitației termice la o temperatură relativ scăzută.

L) Unele particularități ale codului genetic și ale mecanismelor de transmitere și „manipulare" a informației ereditare au avut un rol important în evoluție. De exemplu, este utilă *degenerarea codului :* schimbarea (punctuală) unei baze azotate poate să ducă, într-un cod „degenerat", la un codon sinonim (Müller; Leder și Nirenberg). Cu alte cuvinte, deși programul este diferit de cel inițial, înțelesul instrucției rămîne același — se „alege" același aminoacid. Degenerarea previne o variabilitate excesivă a structurii proteice primare (prin substituțiile aminoacizilor), ceea ce constituie un avantaj selectiv.

Universalitatea codului genetic pledează pentru teza după care materia vie s-a schimbat mult mai puțin în ultimele miliarde de ani decît o indică aparențele morfologice (Zuckerkandl și Pauling). După Sonneborn, codul „a înghețat" atunci cînd organismele au atins un stadiu aproximat de organizare bacteriană.

Duplicările de cistron, în afară de *asigurarea* cîștigurilor importante ale evoluției biochimice (citocromi, hemoglobine, clorofile, dehidrogenaze), permit dobîndirea unor noi funcții prin modificarea secundară a informației redundante [37]. Lanțul redundant este *liber* să muteze, îmbogățind „repertoriul".

O bună parte din evoluția genomului se datorește, în același timp, *poliploidizării* (înmulțirii garniturii cromozomiale).

[37] H. Ritter. *Zur transspezifischen Evolution von Proteinen*, „Humangenetik", 1968, vol. 5, p. 173—189.

Prin ruperea lanțului de ADN urmată de alipire se pot „sintetiza" codoni : pseudomutații recombinaționale (prin *crossing-over*). Ele par a fi mai frecvente decît mutațiile propriu-zise (Sonneborn). Un *crossing-over* între sinonimi poate avea ca rezultat programarea unui nou aminoacid. De exemplu, prin recombinarea celor doi codoni sinonimi pentru tirozină (ACU/AUU) poate rezulta un codon UUU care induce înglobarea fenilalaninei.

Se pare că variabilitatea intra-cistronală și cistronală descrisă, împreună cu *crossing-over*-ul, explică enorma varietate a anticorpilor (S. Cohen și C. Milstein, 1967).

M) Menționăm că terminologia informațională nu este absolut unitară în genetică. Cuvîntul de *cod* mai este uneori folosit în locul termenului de text sau *mesaj* [38]. Nirenberg spunea, după stabilirea corespondențelor dintre codoni și aminoacizi : „Acum avem un dicționar (deși incomplet) pentru a citi codul" [39].

Dragavțev, printr-o aplicare personală a teoriei informației în eredobiologie, ajunge la concluzia că informația ereditară este nulă. Informația conținută într-un organism adult și-ar avea sursa exclusiv în mediu. Îmbătrînirea este o acumulare de informație din afară [40]. După acest autor, specificul categoriilor taxonomice este determinat de structurile cele mai puțin informate.

N. Botnariuc admite și el că „în cazul transmiterii fidele a trăsăturilor ereditare de la părinți la descendenți, fără producerea vreunei schimbări (la linii pure) a ereditații, informația genetică este considerată ca nulă, pentru că evenimentul nu ne oferă nimic nou față de ceea ce știam înainte despre patrimoniul ereditar al organismului respectiv" [41]. Aci nu se ține seama de folosirea eventuală a altor *referențiale*.

N) O observație interesantă leagă „actualizarea" gîndirii lui Aristotel de atmosfera științifică a epocii noastre. „El a fost fondatorul teoriei logice *și* al biologiei teoretice și experimentale. Această legătură nu poate decît să seducă oamenii acestui secol, care tocmai au descoperit că logica lor este un caz particular al sistemelor de transmisie a informației. Aristotel împerechea logica și biologia — noi apropiem informația de genetică" [42].

O) Transcriem, pentru deosebitul ei interes, o observație a cunoscutului etnolog francez Cl. Lévi-Strauss : „A devenit din ce în ce mai evident că pentru a înțelege operațiile mai profunde ale naturii este necesar să apelăm la un model cultural. Să luăm codul genetic drept un exemplu foarte limpede și simplu. Astăzi, prăpastia dintre natură și cultură nu este atît de mare pe cît era necesar să o presupunem acum cîțiva ani. Nu pe motivul că există mai multă natură în cultură decît presupuneam anterior, ci invers : deoarece există mai multă cultură în natură" [43].

Menționăm că același Cl. Lévi-Strauss a preconizat — pe urmele lui Saussure — o sinteză a științelor *umane* reunind antropologia socială, știința economică și lingvistica într-o *știință a comunicațiilor* [44]. Comunicația umană folosește semne, iar semnele „pot fi cuvinte, dar ele pot fi tot atît de bine femei, de pildă, drept semn de alianță între grupuri: semne pot fi bunuri și servicii". Actul comunicației este privit ca un *schimb*, iar „înțelegerea" avantajelor schimbului este lăsată pe *seama fiziologiei* [45]. Oricum, demersurile sale de a refundamenta etnologia, antropologia socială și culturală — pe baza metodologică a „analizei structuraliste" — iau ca exemplu *lingvistica*, știință care a

[38] *Codex* (cod penal etc.) e altceva decît *codul* de decriptare.

[39] Cf. J. Bishop și D.M. Davis. *New Horizons in Medicine*, Dow Jones Books, Princeton, 1966.

[40] V. A. Dragavțev. *Problemele filozofice ale teoriei morfogenezei și ale teoriei informației ereditare*, în „Analele româno-sovietice, biologie", 1962, an. 16, nr. 4, p. 14—29.

[41] N. Botnariuc. *Principii de biologie generală*, București, Editura Academiei R.S.R., 1967, p. 17.

[42] P. Trotignon. *Les philosophes français d'aujourd'hui*, Paris, P.U.F., 1967, p. 97—98.

[43] Cf „Secolul XX", 1961, nr. 5, p. 79.

[44] C. Lévi-Strauss. *La notion de structure en ethnologie*, în *Anthropologie structurelle*, Paris, Plon, 1958, p. 330.

[45] „Secolul XX", *ibid.*, p. 78—79.

reușit să se ridice la rangul unei științe sociale *exacte*, chiar matematizabile (nu numai în sensul „matematicii cantitative“) [46].

INFORMAȚIE STRUCTURALĂ ȘI IMUNITATE

Capitolul imunologiei are o mare importanță ilustrativă, în primul rînd pentru ceea ce am numit *informație structurală a macromoleculelor*. Procesele imunitare cuprind, între altele, apariția unor macromolecule proteice „specifice“, *anticorpii*, după introducerea în organism a unor macromolecule străine, *antigenice*. Antigenii sînt capabili de a reacționa cu anticorpii, care-i detectează (îi recunosc), îi combină în complexe coloidale insolubile etc.

Recunoașterea intermoleculară este, deocamdată, una dintre metodele de lucru cele mai fine în chimia macromoleculelor biologice (metode imunochimice) [47].

Anticorpii sînt sisteme reactive la o anumită parte a „informației structurale“ a macromoleculei[48]. Animalul imunizat (sau alergizat, sau anafilactizat) a devenit un sistem informațional, pentru care anumite particularități ale macromoleculei sînt „semnalul de comandă“ specific. Această situație vom putea-o pune, în partea a III-a a lucrării de față, într-o anumită legătură cu procesul de reflectare [49].

Macromoleculele antigenice fac parte din clasa „moleculelor informaționale“, a *semantidelor*. Anticorpii

[46] Ideea după care *structura comunicațiilor* a fi fundamentală în sociologie este întîlnită la mulți autori contemporani (Lewin, Leavitt, Bavelas etc.). Cf. J. Viet. *Les méthodes structuralistes dans les sciences sociales*, Paris, Mouton, 1965, p. 91 și urm.

[47] P. G. Gell și R.R.A. Coombs. *Clinical aspects of imunology*, Philadelphia, Ed. Davis, 1963, p. XXV.

[48] După B. N. Iaroslav și H. Quastler (1956), într-o reacție elementară antigen-anticorp se pune în joc o informație de ordinul a 10 biți.

[49] Menționăm că răspunsul global al animalului sensibilizat (șocul anafilactic) este un răspuns *idiospecific*.

sînt o modalitate de apărare organismică împotriva invaziei de semantide *străine*, care fie că sînt „simptome“ ale unei invazii de agresori biotici (microbi, virusuri), fie că amenință sistemul genetic al semantidelor proprii (Mircea Dumitrescu). Se poate face și ipoteza după care anticorpii sînt și un sistem de autoreglare prin proteine cu „adrese“ riguros specifice (Burch și Burwell, 1965; L. Simionescu și V. Săhleanu, 1968), implicat în homeostazia creșterii și funcționării organelor, în apărarea față de „dușmanul biotic“ intern, care este celula canceroasă (Burnet). În orice caz, relații de tip antigen-anticorp par să intervină în structurarea materiei vii, în „recunoașterea“ celulelor înăuntrul țesuturilor etc. (Veazov; Jukov-Verejnikov) [50].

Cu privire la mecanismul prin care organismul ajunge să fabrice proteine de tip anticorp, *potrivite structural* cu antigenul, teoriile se împart în teorii *instructive*, *selective* și *mixte*:

a) mecanism de tip instructiv ar fi „mularea“ proteinei în stare născîndă pe tiparul antigenului prezent în celulă (Haurowitz, Pauling). Ideea este înrudită cu aceea de la baza doctrinei transformiste a lui Lamarck (ereditatea caracterelor dobîndite);

b) mecanism de tip selectiv este „alegerea“ și potențarea unor clone celulare preexistente, capabile dintotdeauna să sintetizeze anticorpul necesar. Din cîteva mii de astfel de clone se *actualizează* și trec pe primul plan cele solicitate, se elimină cele care corespund antigenelor proprii etc. (Jerne, Burnet). Ideea este înrudită cu aceea de la baza doctrinei evoluționiste a lui Darwin (selecția naturală);

c) teoriile mixte admit, de pildă, o *prelucrare* prealabilă a materialului antigenic (Burch): ar fi vorba (după terminologia lucrării de față) de o prelucrare *substanțională* a „informației structurale“. După Burch (1966), celule speciale *selecționează* anticorpul complementar și *instruiesc* celula receptoare multipotențială

[50] L. Simionescu și V. Săhleanu. *Tendințe actuale în biologia imunității*, în „Șt. cercet. endocr.“, 1968, vol. 19.

în vederea sintezei de anticorpi. Complexul „antigen + anticorp" este *prelucrat* în macrofage.

Cele două modalități extreme le vom regăsi și atunci cînd vom discuta mecanismele reflectării cognitive.

Astăzi se admite că premisa oricărei influențări sau reglări chimice o constituie o anumită adecvare (de informație) structurală, între molecula de substanță și receptorul celular. Această situație argumentează teza noastră după care „informația" este *relativă*.

Examinarea diverselor teorii imunologice din punctul de vedere al științei informației nu urmărește numai „stabilirea adevărului științific". Diferitele modele imaginate ar putea avea și o altă valoare, de exemplu o valoare pentru *bionică*, sugerînd modalități de prelucrare tehnică a informației structurale, sau o *valoare euristică* pentru cibernetica generală și pentru alte științe.

BĂTRÎNEȚE ȘI INFORMAȚIE

Unele probleme privitoare la îmbătrînire, la bătrînețe și la patologia de vîrstă pot fi sistematizate și din punctele de vedere ale științei informației, ale biociberneticii, respectiv ale medicinii cibernetice [51]. De fapt, la bătrînețe, ca și la boală, se poate ajunge pe căi multiple : predominant substanțiale, sau lezionale, sau energetice, sau de reglare. Există în bătrînețe tulburări de reglare. Există perturbări în informația *comunicativă* de origine exterioară (organele de simț devin mai puțin sensibile și sînt supuse unui „zgomot de fond" mai mare; aparatele neurocentrale care asigură prelucrarea informației funcționează cu

[51] Cf. lucrările noastre: *Cibernetica și unele probleme filozofice* etc., în vol. *Dialectica cercetării științifice* (1962); *Chimia, fizica și matematica vieții* (1965); D. Postelnicu, Al. Chira și V. Săhleanu. *Introducere în gerontologie*, București, Editura Academiei R.S.R., 1969; V. Săhleanu. *Omul și îmbătrînirea*, București, Editura enciclopedică, 1971.

un procent crescînd de erori etc.) [52]. Printre teoriile de actualitate asupra îmbătrînirii, un loc central îl ocupă cele care pun accentul pe alterarea informației *genetice*. Sînt „leziuni" la nivel molecular care, în măsura în care apropie sistemul de echilibrul termodinamic, reprezintă pierderi de negentropie și de „informație taxiologică" (Acălugăriței și Zapan).

H. P. Yockey (1960) a considerat că „acumularea zgomotului" (pierderea generalizată de ordine) este principalul factor care crește probabilitatea de moarte o dată cu înaintarea în vîrstă. Pentru acest autor, *informația* dintr-un organism este efectiv rezultatul unor instrucții : din mesajul genetic (ADN → proteine) [53]. S-au incriminat mutațiile, apoi scăderea *informației disponibile* prin blocarea genelor [54]; acumularea întîmplătoare *(random)* a zgomotului chimic în sistemul informațional celular [55] ducînd mai ales la materiale „fără sens". Dar, pe de altă parte, s-a ridicat și problema *îmbătrînirii programate*.

„CIBERNETICA CUANTICĂ" A LUI J. POLONSKY

Celula vie este, evident, un sistem cibernetic. J. Polonsky [56] se întreabă dacă ea nu ar putea funcționa ca un sistem microcibernetic electromagnetic ascultînd

[52] S. Szafran. *Signal detection strategy and ageing*, „7 Int. Congress Gerontol.", Viena, 1966, abstracts, p. 336.

[53] Cf. B. L. Strehler (ed). *The Biology of Aging*, Washington, Amer. Inst. Biol. Sci., 1960, p. 97 și urm.

[54] H. P. Hahn. *A model of Regulatory aging of the cell at the gene level*, „J. Gerontol", 1966, vol. 21, nr. 2, p. 291.

[55] A. Comfort. *Feasibility in age research*, în „*Nature*", 1968, vol. 217, p. 320—322.

[56] J. Polonsky. *Essai d'interprétation du fonctionnement des cellules vivantes dans le cadre de la cybernétique quantique*, în „Cybernetica", 1959, vol. 2, p. 75 și 162; J. Polonsky. *Contribution à l'étude d'interprétation de l'aspect physique de la vie*, în *Actes 2 Congrès Internat. Cybernétique*, Namur, 1958, p. 717—745.

de legile mecanicii cuantice. Neginformația ar fi identică cu fluctuațiile statistice (termice). Membranele ar avea rolul unor filtre de orientare a informației.

PERSPECTIVA INFORMAȚIONALĂ ÎN NEUROFIZIOLOGIE

A) Este o banalitate să afirmăm că funcțiile esențiale ale sistemului nervos sînt din domeniul recepționării, propagării, prelucrării informației, exercitării unor acțiuni de comandă și de control. Totuși, poate că nu este inutil să observăm că fiziologia sistemului nervos nu se rezumă la neurocibernetică și că nu orice studiu privind activitatea senzorială, motorie, psihică, de comportament etc. este — prin aceasta — un studiu făcut *din punctul de vedere informațional*. Neuronul nu are numai însușiri informaționale (ci și însușiri substanțiale și energetice); nici funcționarea sistemului nervos nu ridică numai probleme informaționale (există și probleme trofice, biochimice etc.). O parte esențială a neurofiziologiei este însă destinată studiului mecanismelor de rezolvare a problemelor informaționale. Abordarea cibernetică a neurofiziologiei poate fi caracterizată ca o analiză a schimbului de informații între două sisteme: creier și mediu, respectiv creier și organe reglate [57].

B) Elementul constitutiv al sistemului nervos central, *neuronul*, funcționează ca un dispozitiv de telecomandă [58]. El cumulează însușiri de traductor, codificator, calculator (sumație, logaritmare, exponențiere etc.). Excitat chimic, neuronul generează impulsuri; membrana presinaptică traduce trenul de impulsuri electrice (semnale discontinue) într-o variație de flux

[57] S.N. Braines, A. W. Napalkow u. W.B. Swetschinsky. *Neurokybernetik*, p. 29—30.

[58] Edm. Nicolau și C. Bălăceanu. *Elemente de neurocibernetică*, București, Editura științifică, 1967.

substanțial (continuă) [59]. Fluctuațiile echilibrului energetic (reflectate în variații ale potențialului de repaos, în descărcări neregulate de impulsuri și de „pachete" de intermediari chimici) definesc un „zgomot de fond". Influențe reciproce de cîmp electromagnetic, chimice, etc. explică unele distorsiuni și erori de transmisie și prelucrare (influență *efaptică*). Întîlnim, așadar, și aci *servituți* față de substrat.

Pentru unele tipuri de neuroni, *excitant* poate fi un factor material suficient de intens, frecvența descărcărilor fiind proporțională cu logaritmul intensității. Pentru alte tipuri, excitația e dată de *variația* intensității, de stabilirea *(on)* sau de întreruperea *(off)* influenței.

C) Transmisia informației în sistemul nervos se face *eșalonat*, iar la fiecare eșalon *se elimină* o mare cantitate de informație. Crește, în schimb, numărul elementelor celulare ce *prelucrează* informația. Pentru fiecare neuron ce intră în nevrax există la om 5 000 de neuroni cerebrali. O fibră izolată poate fi încărcată cu pînă la cîteva sute sau mii de biți pe secundă; „conștiința" individuală prelucrează cîțiva biți în același timp (J. G. Miller, 1963). Elementele limitante ale vitezei în fluxul de informație sînt codarea și decodarea (Rushton, 1961) și întîrzierea sinaptică. Performanța sistemului informațional care este nevraxul trebuie căutată în capacitatea de selectare, combinare, acumulare (stocare) etc., și nu în cantitatea de informație recepționată. Operațiile principale efectuate în stațiile de prelucrare sînt codarea, filtrarea, corelarea, calcularea unor invarianți, clasificarea etc. Filtrarea scade entropia informațională și redundanța, întărind astfel caracterul semantic al informației (Rüdinger, 1966). Filtrarea este o operație activă, controlată prin conexiuni inverse.

D) Sistemul nervos este o rețea. Informația este distribuită spațial și temporal (grație conexiunilor

[59] Neuronul este un sistem *analogic* (G.H. Bishop, 1956), dar axonul folosește *modulația în frecvență* (cu potențiale de tip *tot sau nimic*, deci ca într-un dispozitiv digital) pentru *asigurarea* transmiterii mesajelor. În orice caz este un automat *neliniar*.

sinaptice), ceea ce are ca rezultat *orientarea* comunicației în sistemele de comandă și *operații* logico-matematice de prelucrare a informației. Rețelele de neuroni binari pot „realiza" toate funcțiile logice elementare (McCulloch și Pitts; Medvediev; Rashevsky; J. v. Neumann) și operațiile bazate pe combinarea lor în număr finit. Nu e nevoie de mulți neuroni pentru a alcătui rețele *instruibile* (legături temporare de tip reflex condiționat se pot obține cu șase neuroni !) [60]. „Calculatoare" probabilistice necesită rețele plurineuronale. A. M. Uttley (1959) a insistat asupra importanței calculării *probabilităților condiționate* [61] ca fundament al anticipării. Evident, dispozitivele neuronale sînt capabile să facă statistica asocierilor (în timp). Dar învățarea (istoricizarea rețelei nervoase, Nicolau și Bălăceanu) se realizează și prin intervenția organelor de comparație, a dispozitivelor care constată succesul și greșeala (respectiv pedeapsa) *(trial and error)*, ceea ce presupune conexiune inversă și memorie.

E) a) Memoria (în sens obiectiv) este mecanismul esențial de acumulare (depozitare) a informației. Vorbim despre memorie genetică, imunobiologică, electronic-mașinală etc. Memoria *neurologică* pornește de la potențialele de acțiune. Se admite existența unei memorii operative de scurtă durată, al cărui substrat îl constituie circulația exictației în circuite reverberante (B. D. Burns, 1958). Memoria de lungă durată a fost pusă în legătură cu modificări în cantitatea și calitatea acizilor ribonucleici (H. Hyden, 1959). Modificările de potențial electric ale membranei celulare ar putea influența secvența bazelor în molecula informațională. Oricum, în moleculele de ARN din nevrax s-ar putea înmagazina pînă la 10^{15} biți [62].

[60] Asemenea rețele se numesc *paucineuronale*.

[61] Probabilitățile (*a priori* — „date" de experiența speciei, sau *a posteriori* — calculate pe baza experienței individuale) intervin ca factori de ponderare în alegerea unui răspuns (vezi mai departe).

[62] H. Hyden. *Biochemical changes in glial cells and nerve cells at varying activity*, în *Biochemistry of the central nervous system*, London, Pergamon Press, 1959, p. 64—88.

Creierul are, teoretic, și posibilitatea de a înmagazina informație în *configurații* neuronale.

Un neuron cu n sinapse de intrare are teoretic 2^n stări posibile (care pot fi și stări de stocare). După E. Schäfer (1960), la 20 de intrări și 32 de valori sinaptice diferite ajungem la cifra de $20 \log_2 32 = 100$ biți/neuron.

Pentru cei 10^{10} neuroni ai creierului uman se ajunge în total la 10^{12} biți — capacitate de stocaj a creierului uman.

b) După J. Z. Young, memoria înseamnă, între altele, un sistem de codificare și de adresare. Valoarea unei memorii depinde de prezența *mai multor* posibilități de acțiune într-o situație dată. Orice detector este o „celulă clasificatoare" și, ca atare, trebuie să fie capabil ca, prin *training*, să-și restrîngă reacțiile, să-și „limiteze posibilitățile", să aleagă. Young a elaborat modelul *mnemonului*, ca unitate memorială depozitînd un bit de informație [63]; modelul a fost perfecționat de către Dan Farcaș (1967, 1968).

În ultima vreme a fost elaborat un model *holografic* al memoriei (H. C. Longuet, P. T. Chopping etc.), care dă socoteală atît de faptul că memorizarea unei informații este „preluată" de către întregul sistem, cît și de faptul că o parte din informația de intrare poate *evoca* întreaga cantitate de informație corespunzătoare. Reamintim că memoria a fost considerată de către mulți gînditori drept o însușire generală (și principală) a sistemelor vii (Semon, Hering, Bleuler, V. Papilian). Memoria leagă trecutul de viitor, *pregătește* activitatea viitoare; memoria nervoasă este păstrătoarea urmelor unor *semnale* [64].

F) Reflexul de orientare (I. P. Pavlov) are, între alte efecte, pe cel de reglare a volumului de intrări senzoriale în vederea unei activități *optime* a receptorilor (deci o reglare de optimizare, și nu una homeo-

[63] Vezi J. Young. *Memory and the increase of knowledge*, în „Nature", vol. 217, nr. 5 132, p. 905—907.

[64] R.I. Kruglikov. *Pamiati i uslovnîi refleks*, în „J. vișș. nervn. deiat.", 1967, vol. 17, nr. 1, p. 167 și urm.

statică). Este un răspuns nespecific asociat cu stimuli *noi* (J. A. Stern, 1968) mai curînd decît cu stimuli *intenşi;* cu stimuli semnificativi (Kruglikov, 1967) de importanţă vitală. Creşterea excitabilităţii este legată de o stare de *expectanţă* (de „informabilitate", am zice noi); stingerea reflexului prin repetarea izolată a excitantului corespunde elaborării unui „model intern" care asimilează noul (Sokolov). Oricum, în afară de abordarea energetică (care ţine seama de intensitate) şi de cea statistică (care ţine seama de frecvenţă), este necesară şi abordarea informaţională a oricărui proces de excitaţie sau de adaptare prin obişnuinţă. Această abordare poate să fie una care ţine seama de nou [65], de expectanţă, de semnificaţia biologică (de exemplu, ecologică sau fiziologică) a tipului de excitant. Astfel, reflexul de orientare al unor animale sălbatice faţă de foşnetul frunzelor nu se stinge (Slonim). Adaptarea este rapidă pentru tangoreceptorii cutanaţi („sensibili" la ceea ce este nou în mediu) şi foarte lentă pentru proprioceptorii mioartrocinetici (deoarece unele informaţii privitoare la starea aparatului locomotor sînt necesare fără întrerupere). Experimental se poate pune în evidenţă şi intervenţia unor factori nesemnificativi, cum ar fi saturarea sau inhibiţia (procese aproape informaţionale) sau epuizarea (proces energetico-metabolic).

G) După unii autori, „capacitatea de a învăţa este cea mai mare realizare a evoluţiei" (I. T. Diamond şi K. L. Chow [66]): ea caracterizează sistemele instruibile. După V. A. Ilin (1960), învăţarea este o schimbare

[5] Se pare că stimulul cel mai informativ, cel mai puţin redundant, cel mai fiabil *(reliable)* (M. D. Egger şi N.E. Miller, 1962) nu are întotdeauna valoarea cea mai însemnată în procesele informaţionale complexe (de exemplu, întărirea unui reflex condiţionat); în anumite împrejurări sau faze, contiguitatea (singurul parametru gîndit de psihologia asociaţionistă!) este mai importantă (D.R. Thomas şi col., 1968). În alte cazuri contează parametrii puşi în evidenţă de teoria jocurilor: succesul, cîştigul (L. H. Shaffer, 1968).

[66] Vezi şi G. Klaus. *Vorwort*, la S.N. Braines, A.W. Napalkov u.W.B. Swetschinski. *Neurokybernetik*, Ed. „Volk u. Gesundheit", Berlin, 1964, p. 13.

finalizată a algoritmului comportamental sau, mai bine zis, modificarea probabilităţii unei anumite acţiuni dacă condiţiile externe variază în decursul timpului. F. H. Lange (1966) deosebeşte 7 tipuri de învăţare: 1) prin stocare de informaţii; 2) prin subordonare condiţionată (reflexul condiţionat); 3) prin stocare memorială şi valorizare a reuşitei *(trial and error);* 4) prin optimizare; 5) prin imitare a unui model; 6) prin instructare *(Belehrung);* 7) prin cuprindere, sesizare, înţelegere (categorie descrisă pentru procese umane superioare) [67]. După V. Piske (idei reluate de H. Zemanek, 1962) există opt tipuri de învăţare care se pot grupa în două clase: 1) învăţarea din antecedente (prin experienţă) şi 2) învăţarea prin interacţiune (imitare, instruire, înţelegere).

P. Apostol (1969) insistă asupra faptului că în procesul învăţării nu se produce o *pierdere* de informaţie, ci o *virtualizare* a cantităţii de informaţie, prin trecere la un alt nivel de codificare. Recodificarea se face într-un cod cu supersemne (Meyer-Eppler) [68], într-un cod cu economicitate ridicată. Decodarea *actualizează* informaţie virtualizată şi are un caracter activ. Dar codul însuşi este un „rezervor de informaţie stocată, referitoare la invarianţi".

H) S-a subliniat faptul că în realizarea unui program total intervin numeroase subprograme parţiale. Pe de altă parte, numărul mare de subprograme permite combinarea lor într-o mare varietate de comportamente. Alegerea subprogramelor şi organizarea lor poate fi analizată, ca orice problemă de strategie, cu ajutorul teoriei matematice a jocurilor [69]. Orice mişcare

[67] F. H. Lange. *Kybernetik und Technik*, în vol. *Mikrokosmos-Makrokosmos*, I, p. 381.

[68] W. Meyer-Eppler *(Grundlagen und Anwendungen der Informationstheorie*, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1969) tratează diferitele nivele de comunicare, inclusiv „comunicarea ectosemantică" informală.

[69] Cu privire la cibernetica comportamentului, cf. Edm. Nicolau şi C. Bălăceanu. *Elemente de neurocibernetică*, p. 210—224, 244—245 şi 265.

complexă poate fi exprimată simbolic ca o partidă care se joacă împotriva factorilor de mediu. Acești factori pot fi subsumați conceptului (introdus de O. Onicescu) de *generator (jucător) aleator*. La om, sistemul nervos (ca sistem adaptiv) își stabilește strategia pe intervale de timp foarte variabile, uneori extrem de lungi. Strategia comportamentului se bazează pe semnale recepționate în prezent și în trecut, dar și pe programele transmise de alți contemporani sau de generațiile trecute [70].

I) H. Frank (unul dintre promotorii *psihologiei informaționale*) se oprește la următoarele *aprecieri cifrice* asupra fluxului de informație din nevraxul uman:

excitarea (factori de mediu) — 10^{11} biți/sec.;

receptori (în biți/sec.): optic (10^7), acustic (10^6), tactil ($4 \cdot 10^5$), termic ($5 \cdot 10^3$), proprioceptivi (10^3), olfactivi (20), gustativi (13), în total 10^7 biți/sec;

activitatea motorie reflexă utilizează $3 \cdot 10^6$ biți/sec. în comenzi;

activitatea conștientă utilizează 16 biți/sec.;

se engramează (memorizează) 0,7 biți/sec.

„Programele motorii" se repartizează astfel: cîte 1/4 pentru membrul superior și pentru vorbire; 17% pentru mimică; 32% pentru restul mușchilor scheletici [71].

J) Problema *fiabilității* (siguranței de funcționare) aparține de fapt ciberneticii.

Un automat neuronal (spre deosebire de automatul logic) se poate înșela, adică poate face o greșeală, chiar dacă nici una din piesele sale nu s-a defectat din punct de vedere tehnic (R. Tarjan, 1962).

Complicarea sistemelor organice duce la riscuri de erori care sînt numai în parte compensate prin dezvoltarea mecanismelor de reglare, corectare, anticipare și asigurare. Existența circuitelor de reglare este premisa apariției „cercurilor vicioase" prin *feedback* pozitiv. Capacitatea de a face reflexe condiționate este premisa apariției unor reflexe condiționate patologice. În general se poate spune că în sistemele biologice cu autoorganizare pot apărea procese de reglare noi, nocive pentru organism [72]. Cu alte cuvinte, evoluția și complicarea sistemelor informaționale pregătește apariția unor *noi tipuri de erori*.

K) Un moment de mare însemnătate în dezvoltarea reflexologiei îl constituie introducerea conceptului de reaferentație (aferentație inversă), de către P. K. Anohin (1935): *arcul* reflex este înlocuit printr-un *circuit*. În acest proces de dezvoltare, un mare rol joacă, în continuare, lucrările lui Anohin despre *sinteza aferentă* [73]. S-ar putea spune că Anohin depășește dialectic reflexologia clasică prin *istoricism*. Totodată însă, lucrările sale fundamentează *anticiparea* (prin extrapolare) ca o altă însușire reflexologică de extraordinară însemnătate în universul informațional.

O sinteză între pavlovism și neurocibernetică au încercat-o S. N. Braines, A. W. Napalkow și W. B. Svecinski (1962) în opera citată. Reține atenția mai ales efortul de a imagina formarea a noi programe de lucru pe baza prelucrării informațiilor depozitate (sisteme capabile de autoorganizare). În cercetarea problemei autoorganizării se profilează o linie algoritmică și o linie statistic-probabilistică; autorii se raliază primei [74].

Un animal se adaptează cu atît mai repede și mai variat la condițiile de mediu, cu cît dispune de un număr mai mare de algoritmi diverși (A. W. Napalkow, 1962).

L) Numărul neuronilor din cortexul cerebral uman este de ordinul a 7×10^9, iar numărul conexiunilor dintre acești neuroni ajunge la cifra de $10^{2783000}$ (Herrick).

Dar nu numai prin număr de elemente și de conexiuni se deosebește creierul uman, ci și prin numeroa-

[70] Starea de informabilitate este realizată de ceea ce etologii numesc „semnale motivaționale".

[71] Reprodus în Edm. Nicolau și C. Bălăceanu, *op. cit.* (fig.12.4).

[72] S. N. Braines și colab. *Neurokybernetik*, p. 183.

[73] Cf. S. N. Braines și colab., *op. cit.*, p. 161—166.

[74] *Op cit.*, p. 77, 94, 120.

sele trepte prin care circulă informația și prin complicata topologie a conexiunilor [75]. Comportarea umană nu se explică însă numai prin structurarea rețelei, ci (mai ales) prin programele de comportament înregistrate [76].

Elementele tehnice de conectare prezintă mai multă siguranță de funcționare decît elementele biologice (fiind „mai rezistente", imune la oboseală etc.); ele realizează viteze considerabil mai mari în receptarea și emiterea de mesaje (în mașini se pot obține peste 10^6 biți pe secundă, în timp ce în conștiință — abia 15 biți pe secundă). Avantajele de partea elementelor biologice stau însă în capacitatea de stocare (sistemul omenesc de neuroni are o capacitate de stocare de 10^{15} biți, cu 6—7 ordine de mărime mai vastă decît a mașinilor informaționale actuale), în „miniaturizare" (spațiul necesar pentru un element de conectare în sistemul nervos este de 10^{-8} cm^3, în timp ce în mașini este de cel puțin 10^{-2} cm^3), în energia necesară pentru funcționare, dar mai ales în *plasticitatea* elementelor de conectare.

M) Aplicațiile *stricte* ale teoriei informației clasice în neuro-fiziologie s-au mărginit la cercetarea *statistic-probabilistă* a transmisiei semnalelor de-a lungul fibrelor nervoase (Fitz-Hugh, 1957; Grusser, 1962; Barlow, 1963; Werner și Mountcastle, 1965; J. P. Segundo, 1965 etc.). Pe marginea rezultatelor obținute s-a observat că „speranțele deșteptate de apariția teoriei statistice a comunicației... au fost realizate într-o măsură dezamăgitor de mică". Explicația a fost căutată în aceea că „mediul natural al teoriei informației este

[75] Dacă în creier se pot face relații (la diferite nivele) între *relații* de nivel imediat inferior, ajungem la o scară ascendentă de exponențiale (W. Ross Ashby):

$$e^{e^{e^{e}}}$$

[76] Lashley scria că nu prin învățare, ci prin ceea ce se învață se diferențiază animalele în scara evoluției.

sistemul de comunicație al inginerului, iar regulile practice conform cu care operează în acest domeniu sînt dificil sau imposibil de tradus în cadrul rețelelor neuronale. În cel mai bun caz, conceptele și construcțiile teoriei informației sînt metafore, atunci cînd sînt aplicate la sistemul nervos" [77]. După opinia noastră, abordarea informațională a fost necesară și fecundă, cu condiția ca *restrîngerea* la schema lui Shannon să nu fie privită ca unica modalitate a unei astfel de abordări.

POZIȚIA LUI W. M. ELSASSER

W. M. Elsasser [78] crede că vitalismul poate fi reexaminat în lumina teoriei automatelor, a teoriei informației, a mecanicii statistice și a mecanicii cuantice. Cercetarea îl duce la postularea unor *principii biotonice* care suplimentează principiile fizice. „Cauzalitatea newtoniană" implică cel mult conservarea informației.

Autorul distinge mai multe funcții ale informației: a) operațională; b) crește informația preexistentă; c) corectează informația preexistentă (respectiv o simplifică).

Ocupîndu-se de *memorie*, Elsasser preferă termenul de *storaj* și face remarca după care diagrama circuitului este și ea „storată permanent" prin conexiunile de alcătuire, iar poziția instantanee a pieselor este și ea „informație conținută". Sistemele complexe au dispozitive special destinate depozitării unor mari cantități de informație — prin storaj static sau dinamic. Storajul dinamic necesită consum de energie, spre deosebire de cel static. Postularea unui mod specific de storaj al informației devine un criteriu al biologicului. W. Elsasser găsește înrudiri între punctul său de vedere și viziunea lui H. Bergson.

[77] G. P. Moon, D. H. Perkel a J. P. Segundo. *Neuronal spike data*. „Ann. Review Physiol.", 1966, vol. 28, p. 507.

[78] W.M. Elsasser. *The Physical foundation of biology*, Los Angeles, Pergamon Press, 1958, p. 87.

Neurologul american J. Korein a publicat (începînd din 1958) elemente pentru o *teorie generală a sistemelor vii* [79].

Autorul leagă teoria informației de teoria valorilor *(value theory)* [80].

Orice sistem viu poate fi considerat că „joacă un joc" cu ambianța, ținînd menținerea stării staționare cu scăderea producerii de entropie și creșterea valorii conținutului informațional [81]. Pentru acest „joc", organismele dispun de *sisteme de control*, adică de „mecanisme de servo-decizie" capabile de a lua decizii pe baza „simulării" (modelării) predictive a stării sistemului și a mediului. Aceste sisteme de control determină utilizarea energiei în vederea strategiei potrivite. *Costul energiei* intervine în luarea deciziei [82].

Postulatul lui J. Korein pornește de la cunoscuta *factorizare* a energiei într-un produs de doi factori: de capacitate C și de intensitate V (ultimul avînd dimensiunile unei forțe: de exemplu, tensiune, voltaj, presiune). Prin analogie, V este legat de adaptare, *fitness*, evoluție; este o pulsiune *(drive)*. Factorul de capacitate C este conținutul de informație [83]. „Energia" unui sistem viu este exprimată printr-un factor care „împinge" sistemul spre o „adaptare" tot mai desăvîrșită. *Schimbarea de valoare* și *schimbarea de conținu informațional* sînt cele două modalități disponibile·

[79] J. Korein. *Towards a general theory of living systems*, în vol. A. Mastourzo (ed). *Cybernetic basis of Modern Medicine*, SIMC Napoli, 1964, p. 232—248.

[80] *Valoarea* informației este semnificația pentru recipient, este strict *relativă* la acesta. În teoria jocurilor se folosește *valoarea*, și nu cantitatea de informație. După J. Marschak (1956), valoarea informației e legată de „prețul" necesar pentru atingerea unui scop. A. Kharkevich (1960) definește ca valoare *negativă* a informației cea care scade probabilitatea atingerii unui scop. B. Mandelbrot (1956) evaluează costul informației în termeni de energie, sub condiții restrictive.

[81] Acestea sînt criterii pentru a determina *valoarea*.

[82] R. Radner (*Team decision problems*, 1962) a folosit ipoteze analoge în economie.

[83] De altfel la C corespunde entropia termodinamică.

A) *Diversitatea* formelor (în interiorul unei populații biologice aparținînd unei specii) poate fi caracterizată prin formula entropiei a lui Shannon. Diversitatea minimă este realizată într-o populație absolut omogenă, diversitatea maximă — atunci cînd nu există doi indivizi la fel. Variabilitatea este însă o premisă a intervenției selecției naturale. Viteza maximă de selecție [84] este funcție de H.

B) Diversitatea biotică într-o biocenoză poate fi caracterizată prin entropia Shannon [85]. Diversitatea este definitorie pentru *complexitate*, în timp ce *ordinea* se referă și la regularitatea poziției în spațiu.

H. Quastler (1959) numește *integrare biologică* o mărime obținută raportînd numărul de stări sub care apare efectiv un sistem la numărul de stări posibile [86].

C) Pentru Marcel Rădulescu și B. Stugren [87], ecosistemul influențează populația prin selecție naturală; populația îi „transmite un mesaj" despre activitatea sa vitală. Rezultatul acestui *feed-back* este densitatea unei anumite populații A de plante și de animale într-o biogeocenoză. „Mesajul" conține cel puțin 5 componente, una fiind diversitatea (entropia Shannon calculată pornind de la frecvențele relative ale variantelor). Celelalte sînt: dominanta numerică (raportul dintre numărul total de indivizi A și numărul total de indivizi din biogeocenoză), dominanța de biomasă (fracțiunea de biomasă la care contribuie specia A), coeficientul de creștere numerică a populației, rata productivității biologice (legată de raportul de energie asimilată de

[84] I. I. Șmalhauzen. *Selecția naturală și informația*, în „Analele româno-sovietice, biologie", 1960, an. 14, nr. 3 (46), p. 8—30.

[85] R. Margalef. *Información e diversidad especifica en las comunidades de organismos*, „Invest. persquera", 1956, t. 3, p. 99—106.

[86] *Information theory of biological integration*, „American Naturalist", 1959, vol. 93, p. 245—254.

[87] *Aferentația inversă în ecosisteme*, în „Studii și cercetări de biologie (Cluj), 1963, vol. 14, nr. 1, p. 135—148.

două nivele trofice)[88]. Fiecare componentă este exprimată printr-un număr subunitar, deci ar putea fi „măsurată" și în biți după formula

$$I_k = -\Sigma p_i \log_2 p_i$$

chiar cînd numerele nu sînt probabilități. Importanța relativă a componentelor este dată prin mijlocirea unei notații vectoriale, iar recepționarea mesajului de către o specie sau alta este privită ca o descompunere în vectori adjuncți. Dar orice factor reglator al biosistemului are semnificație *informațională* (de exemplu și resursele de hrană). Nu există „semnalizare", în acest sens, între speciile concurente pentru aceeași hrană dacă hrana se găsește din abundență. Tot ceea ce împiedică influențele (de exemplu un ascunziș) are semnificație de zgomot. Între jertfe și prădători există relații ce se pot studia și din punctul de vedere al teoriei jocurilor.

D) Analizînd relațiile dinăuntrul ecosistemelor, Margalef[89] deosebește sisteme organizate, stabile, mature, care domină pe cele „care produc mai mult, dar cu o eficiență mai mică" și care tind să convertească o mai mare parte de energie în informație. De fapt, cînd interacționează sisteme cu grade diferite de organizare, ca un „contracurent" al fluxului de energie, se manifestă un flux de influență organizatoare.

E) După L. N. Slobodkin[90], în ecologie sînt relevante în primul rînd studiile energetice. Limitarea hranei este identică cu limitarea energiei. Slobodkin crede că relațiile energetice din ecologie pot fi scrise fără a menționa entropia (din mecanica statistică) sau informația (cu care are o corespondență formală). Teorema

[88] Ultima componentă este legată de activitate (informație energetică); prima ține de structura populației (informație structurală).

[89] *Modelos fisicos simplificados de poblaciones de organismos*, „Mem. real. Acad. Barcelona", 1962, vol. 34, p. 97 și urm.

[90] L.B. Slobodkin. *Energy in animal ecology*, în vol. *Advances in Ecological Research* (J. B. Cragg, ed.), New York, Academic Press, 1962.

lui Prigogine (după care în sistemele deschise staționare, producerea de entropie este minimă) nu este necesarmente aplicabilă în sistemele în care există circuite cu reacție (așa cum arată experiențele lui C. Foster, C. A. Rappaport și E. Trucco, 1957, referitoare la circuitele electronice). Este evident faptul că activitatea comunităților ecologice crește net entropia cosmică; dar teza mereu repetată după care evoluția tinde să scadă entropia organismului viu nu este clar demonstrată.

Din punct de vedere ecologic, organismul nu poate fi privit numai ca o mașină care are nevoie de negentropie pentru a menține un dezechilibru termodinamic și pentru a efectua lucrul. Cînd un animal mănîncă o plantă, el *cîștigă*, nu *schimbă*, iar specia de plante — ca să supraviețuiască — trebuie să-și crească rata incorporării energiei pentru a face față la pierderi. Animalele au nevoie de energie pentru a face și ele față la pierderile provocate de alte animale. Iar pierderile nu se măsoară numai în căldură, ci și în „trupuri", excremente, exudate.

După același autor este criticabilă și afirmația lui B. Patten[91], după care organismele vii se hrănesc cu entropie negativă pentru a compensa pierderile de informație.

B. Campbell (1967) sugerează că selecția naturală este „pompă de entropie" (termodinamică). Însă după J. A. Wilson[92], selecția crește informația „legată" în sistemul ecologic, și acest fapt înseamnă *chiar* creșterea entropiei.

După acest ultim autor, Brillouin a greșit cînd a atribuit informației un semn algebric opus celui atribuit entropiei; *organizarea* nu ar trebui să intre în definiția informației.

[91] B. Patten. *An introduction to the cybernetics of the ecosystem: trophic-dynamic aspect*, în „Ecology", 1959, vol. 40, p. 221–231.

[92] *Increasing entropy of biological systems*, în „Nature", 1968, vol. 219, nr. 5 153, p. 534–535.

REDUNDANȚA „GENERALIZATĂ"

Într-o originală expunere a unui punct de vedere propriu asupra vitalității, I. Peatnițchi [93] leagă viața minimă (viabilitatea) de organizarea fundamentală minimă a sistemului viu, iar viața viguroasă (vitalitatea) de *redundanța* organizării fundamentale. Noțiunea de redundanță, aleasă ca „abstracție fundamentală", este — pentru autor — foarte cuprinzătoare. Sub această etichetă se înțelege atît rezerva nutritivă (redundanță universală), cît și diploidia, multiplicitatea organelor etc.

Redundanțele biologice nu sînt însă niciodată pur cantitative, fiind în realitate „cantitativ-calitative" [94], cuprinzînd în unitate identitatea și deosebirea, specificitatea și nespecificitatea (eventual paraspecificitatea). Redundanța calitativă poate fi privită (în raport cu „spectrul ei larg de virtuți biologice") ca un factor de creștere a nedeterminării [95] sistemului viu, deci a entropiei sale. De fapt, orice redundanță micșorează gradul maxim posibil de organizare specifică și, „ca atare", mărește gradul de entropie informațională și taxiologică.

I. Peatnițchi adoptă ideea după care orice formă de nedeterminare (entropie, dezorganizare etc.) are (în sistemele vii) și funcții incontestabil utile (între anumite limite etc.), respectiv necesare. Căci orice creștere a entropiei constituie un stimul pentru antipodul său (rezultanta fiind o intensă ripostă antientropică, constructivă, grație mai ales fenomenului de suprareglare). Dar orice act adaptativ (în esență „o reconstituire a istoriei adaptative") nu poate porni decît de la forme și stadii mai elementare, mai puțin

[93] I. Peatnițchi. *Dialectica vitalității organismelor*, București, Editura Academiei R.S.R., 1969, cap. VII.

[94] Bineînțeles, noțiunea de redundanță cantitativ-calitativă este „eretică" din punctul de vedere al teoriei clasice a informației, dar ideea se întîlnește și la alți autori (de exemplu C. Goldman, 1960).

[95] Dacă înțelegem bine gîndirea autorului, „nedeterminarea" este aici un termen folosit pentru o gamă de posibilități (virtualități).

diferențiate și mai puțin „determinate", deci presupune o dezorganizare. Referindu-se la elaborarea unor *deprinderi* specializate, I. Peatnițchi interpretează valoarea excitabilității crescute a sistemului nervos în raport cu generarea (inițială) a unor reacții generalizate „cu un grad mare de nedeterminare".

Autorul observă că teoriile anterioare ale vitalității (la H. Spencer, la T. D. Lîsenko) făceau apel la ideea unui impuls stimulator, *energetic*, la ideea unor potențe dinamice. Poziția lui I. Peatnițchi reprezintă o concepție cibernetică și informațională.

Schema logică a autorului cuprinde o „negare a negației": rolul redundanței (în raport cu o organizare fundamentală) se prezintă întîi ca o fortificare prin identitate, apoi ca o parțială subminare prin disimilitudine și, în sfîrșit, „iarăși ca o fortificare, dar prin contrariere, în cadrul unor relații de antagonism interstimulant sistematizat".

ADAPTAREA ȘI EVOLUȚIA BIOLOGICĂ

A) *Adaptarea* este definită ca fiind „ansamblul proceselor prin care sistemele deschise, grație recepției de informație, obțin o optimizare a echilibrelor dintre stările sistemului, condițiile exterioare și urmările sesizate ale comportării" [96].

Se pot preciza condițiile de activitate și cele „informaționale", necesare și suficiente pentru ca un sistem să fie adaptativ [97].

B) În evoluția filogenetică, organismele au urmat două căi de perfecționare a procesului de adaptare:

a) perfecționarea programelor înnăscute (cele care își ating apogeul la insecte);

b) perfecționarea sistemelor adaptive instruibile: α) învățarea automată (folosirea directă și reversibilă

[96] P. Neidhardt. *Die Informations theorie als Grundlagewissenschaft der Kybernetik*, p. 418.

[97] *Op cit.*, p. 420—421.

a modelelor elaborate în funcţie de anumite corelaţii statistice); β) folosirea modelelor reprezentative pe o linie ce duce la gîndire şi totodată la conştiinţa umană (Nicolau şi Bălăceanu, 1967).

C) K. Steinbuch [98] şi — după el — G. Klaus consideră că ereditatea biologică are drept corespondent principiile de construcţie introduse într-o maşină instruibilă. „Sistemul cibernetic instruibil nu poate învăţa nimic care se află în contradicţie cu alcătuirea lui. În această privinţă, aceste posibilităţi au caracterul unei *norme negative*. În domeniul sistemului cibernetic *om*, dintre aceste norme negative face parte, probabil, logica formală“ [99]. Comportamentul automatelor de calcul depinde de trei componente, care se găsesc analog şi la om :

automat	*om*
— planul de construcţie	— dispoziţii ereditare
— instrucţii-program stocate	— instrucţii învăţate
— informaţii actuale	— mesaje obţinute din comunicare directă

D) Analizînd funcţionarea sistemelor instruibile, se poate valorifica „nucleul raţional“ al apriorismului kantian, ca şi cel al empirismului (principiul *apriorismului relativ*) [100].

E) Folosirea mijloacelor de reflectare a situaţiei mediului (în adaptare) „permite formelor organice superioare să realizeze reacţii adaptive rapide, suple şi perfectibile, micşorînd investiţiile energetice-plastice necesare pentru actul adaptării şi mărind randamentul eforturilor adaptative individuale“ (I. Peatnîţchi).

Sistemul funcţiilor de relaţie, operînd predominant cu informaţia, şi nu cu substanţa sau energia, are la îndemînă un mijloc pe cît de economicos, pe atît de operativ pentru a organiza şi a conduce [101]. „Trucuri“

[98] K. Steinbuch. *Automat und Mensch*, p. 153, 181.

[99] G. Klaus. *Cibernetica şi societatea*, p. 391.

[100] *Op. cit.*, p. 438—439. Societatea însăşi este un sistem instruibil (p. 453 şi urm).

[101] I. Peatnîţchi. *Dialectica vitalităţii organismelor*, partea a II-a, cap. III.

comportamentale pot înlocui, pînă la un punct, o debilitate funcţional-energetică (acesta este şi rolul „experienţei de viaţă“ în preîntîmpinarea situaţiilor dificile).

Creşterea economicităţii şi a eficienţei energetice a eforturilor adaptative şi a luptei pentru existenţă o dată cu evoluţia vieţii se explică atît prin consumul energetic minim în legătura prin semnale, cît şi prin aceea că reacţia are loc numai în prezenţa unui semnal *semnificativ*.

Procesele informaţionale înseşi — ca formă adaptativă mai rentabilă decît adaptarea vegetativă, metabolică etc. — capătă o eficacitate şi o eficienţă din ce în ce mai mare în cursul evoluţiei. Faţă de reflexele necondiţionate (şi cu atît mai mult faţă de adaptările metabolice sau morfologice), adaptările prin reflexe condiţionate sînt mult (sau cu mult) mai suple. Valorificarea experienţei individuale deschide mari posibilităţi adaptative. Reflexele condiţionate se pot fixa nu numai din proprie experienţă, ci şi prin imitaţie [102]. Reflexul condiţionat poate realiza reflectarea *anticipativă* a evenimentelor externe *inconstante*, dar biologic semnificative (P. K. Anohin, 1962). Reflexul „de extrapolare“ (L. V. Kruşinski, 1966) este o modalitate de prognozare a viitorului apropiat prin asociaţii rapide, care se bazează pe prelucrarea unei informaţii *nestatistice* şi care poate fi privită ca o manifestare elementară a activităţii intelectuale. Oricum, graţie reflexelor condiţionate, are loc o „condensare în timp“ a procesului adaptativ (Peatnîţchi, 1969) : adaptarea speciei pe baza selecţiei de indivizi e înlocuită în parte prin adaptarea pe baza selecţiei de acte adaptative, în limitele existenţei individuale.

F) Cu alte cuvinte, mai ales în grupul primatelor, evoluţia biologică a îmbrăcat un caracter *evident informaţional*. „Evoluţia prin creier“ dispensează speciile de căutarea soluţiilor adaptative la mediu, prin mijlocirea modificărilor informaţiei genetice şi ale morfologiei (informaţia structurală), modificări ce se săvîrşesc

[102] Asupra acestor probleme vom reveni în partea a III-a.

lent, în jocul selecției naturale, cu sacrificarea a numeroși indivizi (deci cu risipă de timp, substanță, energie). Evoluția omului în ultimii 10^6 ani este infinit mai puțin o evoluție organismică (cu schimbări anatomice, fiziologice, biochimice), cît o evoluție mentală, socială, culturală — în sectorul informației „gnoseologice" și comunicative ca și în sectorul prelucrării algoritmate de informație. Acest fapt a crescut enorm viteza evoluției relațiilor organism-mediu.

★

Pornind de la această concluzie, în cele ce urmează vom încerca să schițăm o *interpretare generală a evoluției biologice* din punctul de vedere al triadei: substanță, energie, informație.

La baza evoluției filogenetice se găsește modificarea semantidelor primare, a „moleculelor informaționale" de acizi nucleici, deci a unor programe genetice capabile de a se schimba după paradigma „încercării și erorii" (sau, mai precis, după paradigma „valorificării erorii")[103]. Este o evoluție *substanțială*, dar mai mult putem admite că evoluția a început în sfera substanței (geneza *materiei* vii), a inclus la un moment dat sfera energiei (metabolismul și fotosinteza pot fi privite cu egală îndreptățire sub aspect energetic), iar o dată cu apariția macromoleculelor specifice și a organizării protocelulare a generat contururile universului informațional.

Evoluția lumii animale este o evoluție a neuromotricității și această evoluție este strîns legată, pe de o parte, de evoluția energeticii organismice, pe de alta — de evoluția legăturii de tip informațional (legătură prin semnale). Dezvoltarea creierului este, desigur, o dezvoltare morfologică, dar, la rîndul ei, alcătuiește premisa unui tip nou de adaptare universală. Toate celelalte evoluții morfologice sînt *specializări* și „tind" către modalități de existență stenobiotice (adaptate la un mediu bine precizat). Adaptarea informațională prin creier are avantajul de *a putea* realiza numeroase și variate efecte prin variații de regim funcțional și de corelații funcționale, folosind în multiple feluri organele și substanțele existente. Constatăm totodată rolul crescînd al activității și *vieții* (și nu al eliminării și *morții*) individului pentru specie, *recte* și al adaptării fiziologice și comportamentale individuale. Valorificarea deplină a posibilităților cerebrale este exprimată prin apariția programelor dobîndite de individ (nu de specie), cu autoorganizarea prin „învățare". Pentru a suplini absența (sau dificultatea înscrierii în patrimoniul genetic) caracterelor dobîndite, a apărut totodată și transmisia *paragenetică* a acestor programe, ca și a informațiilor elementare dobîndite, transmisie care-și atinge apogeul în cultura umană.

G) O analogie a acestei evoluții cu cea din lumea automatelor de tip calculator nu este greu de făcut, deși nu există izomorfism între lumea tehnică și lumea naturală.

Calculatoarele au început prin a fi calculatoare „pseudoprogramate" pentru rezolvarea unor probleme speciale (de exemplu, mașinile de calculat clasice, mașinile analogice). Ulterior au apărut calculatoare specializate, dar programate[104]. Efortul ingineresc în această etapă a fost de proiectare și construcție *(hardware)*. O altă etapă este a mașinilor de calculat „universale" cu programe diverse. Efortul ingineresc principal devine cel de programare *(software)*. Unele programe sînt speciale, altele (cu atît mai exportabile) sînt generale. Primele pot fi asemănate cu *rețetele;* ultimele — cu *metodele generale de cercetare*. Programe speciale și generale de un *tip* special servesc „automatica intelectuală", ca un sector al tehnicii[105].

---

[103] După K. Lorenz este necesar să vorbim mai ales despre paradigma „încercării cu succes".

[104] *Informațiile* particulare sînt prelucrate *standard*.

[105] De obicei, evoluția calculatoarelor este trasată pe baza unor considerente *tehniciste:* volumul, numărul pieselor, consumul energetic, viteza operațiilor.

Calculatoarele autoadaptive sînt analoge creierului de vertebrat. Autoorganizarea acestora este în centrul atenției cercetătorilor din sectoarele psihologiei, logicii, epistemologiei. Într-o primă etapă, ele sînt *modele* și *simulatoare*, și (încă) nu *mașini* de utilitate tehnică.

Vom reveni cu completări în ultima parte a lucrării noastre.

H) O idee veche în istoria filozofiei, dar deseori exprimată inadecvat este aceea după care există însușiri universale ale tuturor aspectelor „vieții", fie ea viață pur organică, fie viață a produselor funcționale sau evolutive ale lumii biologice (psihism, societate) și, la rîndul ei, ale lumii sociale (vorbire, tehnică, cultură). Exprimări inadecvate au fost variatele tipuri de organicism; subestimări ale acestei idei le găsim la cei care îi atribuie doar valoare metaforică. Ideea menționată se întîlnește la Cournot, la Littré, la G. Tarde, la E. Majewski, ca și la Eug. Sperantia [106]. În esență, această idee se referă, pe de o parte, la legi ale evoluției, pe de altă parte la caracteristici (pe care azi le-am putea numi) ale „universului informațional".

[106] E. Sperantia. *Introducere în sociologie*, vol. I, II, București, Editura „Casa Școalelor", 1944.

SECȚIUNEA A III-A

TEORIE, METODOLOGIE, PRACTICĂ

PERSPECTIVA INFORMAȚIONALĂ ÎN PSIHOLOGIE [1]

A) Perspectiva informațională a dus la o nouă metodologie a abordării excitației și a analizei *stimulilor complecși*. Fiziologia clasică se limita la analiza *complexității fizice*. Din acest punct de vedere (clasic), un singur sunet scurt este un stimul mai puțin complex decît patru sunete de durată *diferită*. Din *noul* punct de vedere, orice stimul trebuie „desprins" dintr-o mulțime de alți stimuli, și gradul de dificultate al acestei probleme este determinat de *complexitatea statistică*. Conform teoriei informației, contează numărul de alternative posibile ale alegerilor necesare pentru a-l pune în evidență. Dacă apariția unor stimuli diferențiabili după criterii bine determinate este echiprobabilă, atunci informația pe care o poartă se definește ca $\log_2 N$ al numărului lor. (Firește, echiprobabilitatea poate fi luată ca o *aproximare* de plecare, în caz că nu dispunem de *statisticile a posteriori* corespunzătoare.) Un ansamblu de *input*-uri posibile impune o încărcătură informațională maximă cînd toate clasele informaționale sînt egal de probabile; *ierarhia* de probabilitate reduce încărcarea informațională (Brodbent, 1958). *Un stimul mai puțin complex din punct de vedere fizic poate fi mai complicat din punct de vedere*

[1] Cf. E. Krau, în *Dialectica metodelor în cercetarea științifică*, vol. II, București, Editura științifică, 1966, p. 266–278.

statistic, adică purtător al unei cantități de informație mai mari.

Perspectiva informațională poate duce astfel la o altă organizare și tactică a experiențelor. Pentru stimuli complecși, timpul mediu de reacție este funcție liniară de cantitatea de informație medie pe stimul.

$$T = a + bH$$

(*H* fiind entropia shannoniană)[2]. Conținutul de informație al *unui semnal* izolat poate fi reprezentat satisfăcător, după Goldman, prin

$$J = - log\ P.$$

Cu alte cuvinte, cu cît semnalul este mai rar, cu atît conține o cantitate mai mare de informație.

A. N. Leontiev și F. P. Krincik (1962) au constatat[3] că (la om) *timpul de reacție poate fi folosit drept un criteriu strict obiectiv pentru studiul perceperii probabilității evenimentelor.* Dar structura statistică a semnalelor nu este reflectată „simplu" și „pasiv". Pe baza considerării structurii probabile a semnalelor prezentate, subiectul *optimizează procesul de percepere a informației*, de exemplu pierde într-o oarecare măsură la viteza perceperii semnalelor frecvente, pentru a cîștiga substanțial la viteza perceperii semnalelor rare. În cursul experimentului se dezvoltă astfel o atitudine de *așteptare activă* *.

Experimentele lui Leontiev și Krincik mai arată că realitatea desemnată de noțiunea „cantitate de informație" are o „structură psihologică ambiguă". Contează atît *gradul de neprevedere al semnalului* (corespunzînd lui *p*), cît și *gradul de complexitate a alegerii* (corespunzînd la numărul semnalelor posibile).

[2] Dependența timpului de reacție de entropia stimulilor a fost stabilită de W. E. Hick (1952), R. Hyman (1953), E. Crossman și J. Szafran (1956), A. E. Albert (1956), W. A. Rosenblith (1959) ș.a.

[3] „Voprosî psihologhii", 1962, nr. 6.

* Este o modalitate a ceea ce am numit „stare de informabilitate".

Rezultatele experimentelor pun în evidență, de asemenea, influența *„semnificației" semnalului*, care crește viteza de percepere a semnalului și intensifică procesul de percepere a informației.

B) Ce se întîmplă la creșterea intensității unui stimul? *Pragul diferențial*, interpretat ca *indeterminare* senzorială (Favard, 1950) sau ca indeterminare de măsură (Brillouin, 1951), ne duce în principiu la un calcul al *negentropiei de discernabilitate.* Cine spune indeterminare spune eroare; creșterea relativă de intensitate a excitației se exprimă formal ca o „eroare relativă" $\left(\frac{\Delta x}{x}\right)$. În felul acesta s-ar găsi și un sens profund analogiei dintre legea lui Weber-Fechner:

$$S = k\ log\ I$$

și definiția logaritmică a informației[4].

Cercetări sistematice informaționale privitoare la analizorul vizual se datoresc lui W. D. Glezer și I. I. Țukkerman[5].

C) E. N. Sokolov a propus un model al percepției imaginilor complexe în care o mare importanță o au *însușirile de semnalizare* ale unor elemente[6]. De exemplu, după palparea repetată a unui obiect, atingerea cîtorva puncte (critice) duce dintr-o dată la recunoașterea obiectului în ansamblul lui.

Modelul presupune preexistența, în memorie, a unor imagini-etalon. *Identificarea* obiectului s-ar putea face pe baza calculului coeficienților de corelație (*r*) dintre imaginea percepută și fiecare din etaloane. Imaginea percepută se consideră echivalentă cu etalonul

[4] M. Serres. *Information et sensation*, în *Akten XIV Kongress Philos.*, Wien, 1968, II, p. 548 și urm. Nu numai percepția, ci și învățarea poate fi privită — în unele condiții — ca o depășire a zgomotului (Hick).

[5] V. D. Glezer și I.T. Țukkerman. *Informațiia i zrenie*, Moskva, Izd. Nauka, 1962.

[6] E.N. Sokolov. *Veroiatnostnaia model vospriiatiia*, în „Voprosî psihologhii", 1960, nr. 2.

de care o leagă valoarea maximală a *coeficientului de corelație*. Nu este însă obligatoriu să fie cercetate toate elementele. Pe măsura parcurgerii unor elemente izolate ale imaginii, probabilitatea unora dintre ipotezele emise $A_1, A_2 \ldots$ asupra ei se micșorează, iar probabilitatea altora crește. Cantitativ, problema revine la folosirea teoremei lui Bayes, deci la trecerea la probabilități condiționate *a posteriori*.

Contribuția esențială o aduc acele „puncte" *prin care informația primită este maximă* (în care nedeterminarea este maximă : de exemplu punctul care exclude jumătate din numărul ipotezelor). Cercetarea punctelor critice permite ca în cel mai bun caz să se realizeze alegerea unei ipoteze adecvate sub forma unei serii de diviziuni dicotomice ale numărului inițial de ipoteze. La M ipoteze, numărul minim de probe este egal cu

$$N = log_2 M + 1$$

D) Noțiunea de „lizibilitate" a unui aparat, consacrată în psihologia inginerească ca o calitate a aparatului, implică stabilirea acestei calități printr-o analiză statistică a datelor experimentale. Dar pentru a efectua un experiment concludent trebuie ca pozițiile consecutive pe care le ocupă indicatorul să fie perfect aleatorii, iar evenimentele — echiprobabile și independente.

O altă sarcină a psihologiei experimentale este de a stabili condițiile optime pentru primirea întregii informații date de aparat [7].

E) Personalitatea poate fi definită ca o structură organizată de informație. O personalitate care funcționează satisfăcător este caracterizată printr-o achiziție constantă (dar limitată) a informației noi și prin eliminarea informației inoportune.

Organizarea centrală psihică *controlează* intrarea *(input*-ul*)* informației în diferite feluri, cel mai simplu

[7] Vezi Cl. T. Morgan, A. Chapanis, J. S. Cook, M.W. Lund. *Human engineering guide to equipment design*, New York, Mc.Graw-Hill, 1963; E. Bennett, J. Degan a J. Spiegel, *Human factors in tehnology*, New York, Mc.Graw-Hill, 1963.

exemplu fiind contracția și dilatarea pupilei care se face în conjuncție cu închiderea și cu deschiderea pleoapelor „pentru a exclude sau a accepta informație în contexte variate de relativitate".

Din această perspectivă, H. C. Shands [8] a discutat consecințele psihologice ale îmbolnăvirilor, în special cazul cancerului, în care se poate vorbi de o *criză informațională* (de anticipație, între altele).

Una dintre mărginirile cele mai importante ale omului este „incapacitatea de a accepta anumite mesaje din cauza calității lor negative, chiar dacă informația purtată de ele ar fi esențială pentru menținerea continuității în sistemul personalității". Pentru a-i face față, sistemul personalității uzează de o *redundanță reflexivă: „distrugerea informației" prin procesul de obișnuință*.

Resemnarea poate fi interpretată ca o distrugere (prin *„obișnuirea cu gîndul"*) a *„valorii informaționale"* a informației.

F) Psihologia este un domeniu în care „postulate subiective" (ca cele ce există în teoria clasică a informației : nesiguranță, ignoranță) sînt „nu numai inevitabile, dar și centrale". Parametri ca „probabilitate subiectivă", funcții de utilitate etc. pot intra fără nici o restricție în teoriile psihologice, mai ales dacă sînt determinabili și stabili.

B. De Finett (1937), L. J. Savage (1954) și alții au arătat că o teorie riguroasă a probabilității poate fi construită retrogresiv *(backwards)*. Pornind de la anumite preferințe ale indivizilor pentru anumite *outcomes*, așa cum se reflectă în alegerile acțiunilor în situații de nesiguranță, se poate infera un set de probabilități subiective ale evenimentelor (chiar pentru evenimente unice). Definiția operațională a probabilității subiective introduce probabilitatea în psihologie pe o cale semnificativă, și nu ca pe o anexă a statisticii.

[8] H. C. Shands. *The informational impact of cancer on the structure of the human personality*, în „Ann. N. Y. Acad. Sci.", 1966, vol. 125, p. 883—889.

O situație asemănătoare există și în ce privește teoria informației.

Din punctul de vedere „clasic", rezultatele teoriei informației nu pot fi aplicate la procese deductive, deoarece în acestea nu se găsește nesiguranță. Soluția unei probleme matematice nu aduce — din acest punct de vedere — nici o informație, ceea ce pare ciudat pentru „simțul comun". Totuși, pentru subiectul căruia i se prezintă o problemă (și care nu este omniscient) există un număr de soluții care i se par posibile (sau pe care le întrevede) și fiecăreia i se poate asocia o probabilitate subiectivă. Orice pas către rezolvarea problemei îi reduce nesiguranța *subiectivă*, dar evaluarea acestei incertitudini nu poate fi făcută prin calcul, ci experimental, prin metode adecvate [9].

G) Interpretarea subiectivistă (S) a probabilității se adaugă la interpretarea probabilității ca frecvență relativă (F) și la definirea ei logică (L), ca o *a treia modalitate* folosită în științele de azi. Jamison [10] consideră că fiecare dintre aceste modalități se poate combina cu una dintre următoarele două noțiuni alternative despre informația semantică: reducerea nesiguranței (R) și schimbarea unei păreri *(change in belief, C)*.

În acest fel există șase grupe de teorii ale informației:

Conceptul de informație	Conceptul de probabilitate		
	F	L	S
C	CF	CL	CS
R	RF	RL	RS

Teoria lui Shannon este de tip RF; Carnap și Bar-Hillel au dezvoltat o teorie RL, iar J. Sneed — legată de noțiunea de „informația pragmatică" — o

[9] A. Rapoport. *Quantification of performance in a logical task with uncertainty*, în vol. *Symposium on Information Theory in Biology*, p. 232.

[10] D. Jamison. *Information and induction: a subjective view of some recent results*, „Rand Corp.", P.3/21, august 1968.

teorie RS sau CS. Teorii RL au fost dezvoltate de H. Smokler (1967), J. Hintikka și J. Pietarinen (1967). În teoriile RL, adevărurile logice nu poartă informație (nici rezolvarea unei probleme matematice sau demonstrarea unei teoreme). În teoriile RS se are în vedere și conținutul informațional al adevărurilor *a priori;* rezolvarea unei ecuații *dă* informație (R. Wells, 1961). R. A. Howard (1963) a schițat teze privind valoarea informației (ca și J. Mc Carthy, 1956). Teorii C au fost schițate de D. Mc Kay (1949) și E. Adams (1966). După Jamison, R este numai un caz special al lui C, iar definițiile F și L sînt prea strîmte.

H) Problema anticipării este în legătură cu problema economiei fluxului de informație. Previziunea posibilă a viitoarelor situații din ambianță este necesară pentru a evita stări de tensiune nocive. Ca fenomen informațional, starea de neliniște se datorește unei situații care a rămas neclară *în sensul teoriei jocurilor.* Un mediu perturbat, care exclude orice previziune, poate fi în acest fel cauza nevrozei și poate avea repercusiuni psihosomatice grave [11].

Din *punct de vedere probabilist*, anxiosul acordă o valoare comparabilă eventualităților defavorabile improbabile și celor favorabile (foarte) probabile. Această pierdere a ierarhiei posibilităților poate avea rădăcini diverse (într-o experiență de viață traumatizantă, de exemplu).

I) Examinarea *jocurilor strategice* din punct de vedere psihologic arată frecvența apreciabilă cu care subiectele se depărtează de la strategia obținerii cîștigului [12]. S-a spus de aceea că „cele mai fertile contribuții ale teoriei jocurilor la psihologie derivă din eșecurile acestei teorii, mai mult decît din succesele

[11] G. Klaus, *op. cit.*, p. 413—414.

[12] G. Marwell a. D. Schmitt. *Are „trivial" games the most interesting psychologically?* „Behavioral Sciences", 1968, vol. 13, nr. 2, p. 125—128.

sale“ [13]. Motive derutante din acest punct de vedere pot fi altruismul (!), reducerea inechității, maximizarea sau minimizarea diferenței între un jucător și celălalt, reacția la plictiseală. Experiențele cu jocuri neconflictuale au arătat comportamente „deviate“ de la raționalitatea „economică“, a interesului propriu în circa 20% din cazuri.

Aceste observații sînt importante în legătură cu problema *de fond* a alegerii strategiei: această alegere a strategiei este subordonată alegerii scopului.

J) Școala lui J. Piaget a acceptat și ea, în ultimii 15 ani, modele și concepte cibernetice sau informaționale. După L. Apostel, putem considera întreaga logică, din punctul de vedere al teoriei informației, ca un sistem de precorectură a erorilor. Activitățile de cunoaștere sînt strategii avînd drept intenție scăderea pierderilor și creșterea cîștigurilor de informație. Desigur, acest limbaj al strategiilor comportă în mod natural o traducere probabilistă [14].

K) După cum se știe, Mach a făcut uz larg de „principiul economiei gîndirii“ în cadrul filozofiei sale empiriocriticiste. Ca principiu al idealismului subiectiv, el a fost criticat la rîndul său de către V. I. Lenin. Dar *corect înțeles*, el „înseamnă transpunerea principiului optimizării asupra proceselor de gîndire“, iar economia gîndirii „apare ca o reflectare ideală a economiei comportamentului sistemelor cibernetice“ [15].

După Steinbuch, acest principiu se manifestă în trei forme: a) în economia numărului de interconectări; b) în economia reconectărilor; c) în economia fluxului de informație.

De fapt, și abstracțiile superioare sînt, în ultimă instanță, manifestări ale principiului economiei: „economia folosirii de subprograme este echivalentă cu puterea abstracțiilor“.

L) Vorbind despre *funcțiile cognitive ale definiției*, Cornel Popa (1968) arată că aceasta „mijlocește prelucrarea sintactic calculatorie a informației, intervenind ca o regulă de inferență în demonstrații“ și „mijlocește transmiterea informației de la un subiect la altul și obiectivarea socială a rezultatelor cunoașterii“ [16].

M) I. Irimie (1968) crede că, în viața socială, circulația de informație reprezintă „liantul fundamental al oricărei colectivități“. Atunci și *principiul plusului de informație* stabilit de autor va fi „fundamental în mișcarea culturii“. A obține un maximum de informație pe semnal, pe unitatea de spațiu și pe unitatea de timp, a elimina redundanțele non-necesare este un aspect al *luptei pentru calitate*. „Conștientizarea“ acestui principiu este importantă pentru ameliorarea vieții economice-sociale.

Autorul vede redundanță statistică în formulările parazite ale vorbirii, în rapoartele și instrucțiunile birocratice. Vede redundanță semantică în reeditările nejustificate, în operele care nu sînt originale, în tautologie, dogmatism, epigonism, plagiat: în tot ce face monotonă viața culturală. Vede redundanță pragmatică, de exemplu, în tot ceea ce aduce banalitate în munca propagandistică, în suprapunerile tematice și în paralelismele de cercetare etc.

N) R. Ruyer a reformulat psihobiologismul cu ajutorul noțiunii de *cvasiinformație*. Autorul susține că, încă de la nivelul particulelor elementare, se inserează în materie ceva care concentrează tot ceea ce putem numi potență, sens, competență, tematism, epigeneză, finalitate, instinct formativ etc. Această cvasiinformație ar fi responsabilă — în cele din urmă — de întreaga activitate psihică și culturală a omului: de ceea ce ține de conștiință, intuiție, intenție, impresie,

[13] A. Rapoport a. A.M. Chammah. *Prisoner's dilemma: a study in conflict and cooperation*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1965, p. 11. După A. Rapoport (1967), cele patru „arhetipuri“ ale jocurilor 2 × 2 sînt: exploatatorul, liderul, eroul și martirul.

[14] J. Piaget. *Six études de psychologie*, Génève, Conthier, 1964, p. 123—125.

[15] G. Klaus. *Cibernetica și societatea*, p. 408—409.

[16] Pentru P. Apostol se poate vorbi de o „codificare“ *logică* și de o „codificare“ *exologică*.

comprehensiune etc. Spre deosebire de acestea, fenomenele energetice și propriu-zis informaționale ar fi cuantificabile [17].

O) În legătură cu modelul informațional al lui Shannon s-a observat că întreaga psihologie poate fi rescrisă dintr-un punct de vedere *tranzacțional.* Încă R. S. Lillie (1948) susținea că „realitatea psihică prevede și interoghează", că activitatea psihică tinde să sfîrșească și să completeze o experiență incompletă (și sesizată ca atare). După J. P. Kilpatrick (1961), organismul este silit întotdeauna să aleagă dintre mai multe posibilități; percepțiile reprezintă predicții sau probabilități bazate pe experiențe dobîndite [18]. K. L. Wiegand (1963) consideră că nesiguranța este o variabilă fundamentală în studiul comportamentului. Reactivitatea organismului este în funcție de varietatea evenimentelor alternative cu care este în contact continuu. Controlul nesiguranței este de fapt succesul în comportare. Pentru D. E. Broadbent (1964), zgomotul dintr-un sistem de decizii poate fi identificat cu cantitatea de nesiguranță sau de incompatibilitate între stimul și răspunsul potrivit.

Și pentru A. Z. Weisz (1962) percepția este un fel de rezolvare a unei probleme.

J. Parry [19] arată că actul de comunicare interumană poate fi privit ca un caz special al legăturii dintre om și mediul său. Pentru studiul acestui act avem la dispoziție modelul „mecanomorf" al sistemelor artificiale de transmitere a comunicațiilor. În acest model avem de-a face cu *informație de semn (sign information)*, un semn fiind definit ca un element dintr-un „sistem închis", dintr-un alfabet finit constînd din unități a căror probabilitate de ocurență este cunoscută. În acest sens, un semn este o marcă

[17] Cf. și A. Kreindler. *Dinamica proceselor cerebrale*, București, Editura Academiei R.S.R., 1967, p. 10.

[18] Cf.U. Eco. *Opera deschisă*, București, E.L.U., 1969, p. 119—139.

[19] J. Parry. *The Psychology of human Communication*, London, University of London Press, 1967.

convențională, fără subtonuri, asociații sau nuanțe. Conceptul de înțeles *(meaning)* este însă inseparabil de cel de conștiință, deci presupune un operator uman; *informația* corespunzătoare este de *conținut (content information)*. Principiile teoriei informației pot fi aplicate la comunicarea umană atunci cînd emițătorul și receptorul interpretează *identic* cuvintele pe care le folosesc. Dar limbajul natural, deși depinde de un oarecare grad de consens mutual, vehiculează o informație complexă, conține elemente subiective, este interpretat variabil de la un individ la altul. De aceea, conceptele teoriei informației nu pot fi aplicate în chip riguros, cantitativ. Limba este un sistem *deschis*, și aceasta este premisa evoluției sale, ca și a gîndirii creatoare. Există, așadar, un antagonism între corectitudinea comunicării și creativitate.

Bitul nu este, ca atare, o unitate psihologică. El poate fi util în măsurarea informației de semn, a cărei achiziție este descrisă ca o reducere a nesiguranței. Achiziția *informației de conținut* nu presupune reducerea nesiguranței, îndoială, adică acea „pregătire a minții" prin informație prioritară. Această informație de conținut este produsul unei *tranzacții între obiect și subiect.* Cu toate diferențele între aceste două feluri de informație, este posibilă tratarea lor paralelă atunci cînd vorbim despre zgomot și despre alți factori de interferare a transmisiei și recepției. Fiecare dintre conceptele teoriei informației are relevanță *calitativă* pentru transmiterea mesajelor de conținut. Teoria informației poate fi privită ca un model și ca o paradigmă. Informația curentă este *hibridă.*

În același sens scrie și Berlyne [20], autorul unei psihologii totodată *informaționale* și *transformaționale.* Adaptarea biologică implică o captare și prelucrare optimală (și nu maximală) de informație și o corespondență înaltă între răspunsul optimal și cel actual.

[20] D. E. Berlyne. *Structure and direction in thinking*, New York, Wiley, 1965.

Sînt importante mecanismele de *căutare* a informației: se pot deosebi încercări cu eroare, comportamente exploratoare și comportamente „epistemice". Sînt importante mecanismele de *rejecție* a informației: atenția, abstracția, codajul etc. În fond, dacă informația este o selectare de alternative, tot ceea ce omologhează, analogheză, clasifică, identifică modifică cantitatea de informație. Berlyne introduce conceptul *echivalenței de stimuli*, variantă a echivalenței informaționale, și (după Brunes, 1964) acela de *corespondență informațională*, concept „mai slab" decît cel de izomorfism [21]. Concepția lui Berlyne mai poate fi numită și *neoasociaționism integrativ*. El vorbește despre *conflicte conceptuale* și de *curiozitate epistemică* generatoare de probleme. Nu numai nesiguranța creează „conflicte", ci și dizarmonia în procesele simbolice creează nesiguranțe integrativ. În motivația comportamentului, Berlyne (ca și J. W. Atkinson, 1957) ia în considerare riscul de eroare și probabilitatea subiectivă de succes. Este clar că la $p = 0{,}5$, nesiguranța este maximă. Dar probabilitatea trebuie întotdeauna *ponderată* printr-un factor de *importanță*.

P) O anumită *tipologie* importantă în practică pornește de la considerații informaționale. J. Favez-Boutonier vorbea despre extremele *precipitării* și ale *inhibiției* în luarea deciziilor. J. Bruner (1958) pune la baza diferențierii atitudinea față de risc. A. Ombredane și J. M. Faverge (1955) deosebesc, ca atitudini extreme, deciziile bazate pe informații insuficiente și cele fundate pe informații redundante [22]. Firește, este cazul să luăm în seamă și conservatorismul, rutinarea strategiilor, ponderea subiectivității, flexibilitatea gîndirii (care, după Al. Roșca, este elementul component esențial al gîndirii creatoare).

[21] Echivalența de stimuli este ecologică (*ar trebui să dea* răspunsuri similare) sau comportamentală (*dau* răspunsuri similare). Corespondența informațională poate fi iconică (schematică), simbolică (onomastică) și „enactivă".

[22] Cf. G. Cristian. *Différences typologiques dans la prise des decisions*, în „Revue roumaine des Sciences sociales-psychologie", 1969, vol. 13, nr. 2, p. 117—129.

Medicina informațională trebuie deosebită de *aplicațiile informaticii* în medicină și de aplicațiile *cibernetici tehnice* în medicină [23]. Prin „medicină informațională" [24] vom înțelege mai ales cercetarea aspectului informațional al patologiei, îndeosebi patologia propriu-zis informațională. Accentul se poate pune pe rolul informației în procesele de reglare și pe calitatea de „organ informațional" a sistemului nervos. Se definește noțiunea de „cîmp informațional" (A. Restian) iar schimburile dintre organism și mediu sînt privite mai ales sub aspect informațional (un aspect informațional îl au și substanțele alimentare!) Ca atare organismului îi vom recunoaște o *homeostazie informațională*, mijloace de protecție anti-informațională (cum ar fi creșterea pragului de excitabilitate, filtrarea, atenția, somnul) etc. Oboseala este o supraîncărcare cu informații, psihotrauma are o „valoare informațională", în bolile funcționale există un mare coeficient informațional. Prin „sindrom de agresiune informațională" [25] se înțelege inundația cu informații a organismului, cînd sînt depășite mijloacele de protecție antiinformațională; el se manifestă prin oboseală, insomnie, iritabilitate și anxietate.

În această perspectivă, se pune accentul, de asemenea, pe imperfecțiunile cibernetice ale organismului.

[23] V. Săhleanu. *Cibernetica și chirurgia*, „Chirurgia", 1965, vol. 14, p. 957—968.

[24] V. Săhleanu. *Medicina în era informațiilor*, „Almanahul Sănătății", 1971, Editura Medicală, p. 9—10.

[25] A. Restian și R. Popp. *Le syndrome d'agresion informationnelle* „Agressologie", 1969, nr. 2, p. 85—92; E. Restian și A. Restian, *L'étiologie informationnelle des maladies psychiques*, „L'Encéphale", 1969, nr. 6, p. 519—529; A. Restian, *Informațiile și boala*, „Astra", 1970, nr. 8, p. 7.

1. *Teoria informației și lingvistica*

A) Aplicațiile lingvistice ale teoriei matematice a informației alcătuiesc un sector important al lingvisticii matematice [26].

Informația principală pe care o poartă limba este de natură *semantică*. Însă studiul informațional al limbii cu ajutorul aparatului matematic se referă în primul rînd la *structura statistică a informației* (este ceea ce se înțelege curent prin „aspectul cantitativ al informației").

B) O primă problemă (de interes totodată tehnic și lingvistic) este legată *de economie și de risipă*. Prescurtările de text în telegrame, renunțarea la vocale și unele abrevieri în stenografie arată că în orice „comunicație" există un surplus de simboluri, există redundanță. În transmiterea informației se manifestă două tendințe opuse : una de economie, iar cealaltă de risipă. Mesajul concret este o soluție de compromis [27].

O limbă în care orice combinații de litere are sens ar fi nepractică, pentru că mesajul poate fi denaturat cu multă ușurință de orice greșeală și devine neinteligibil atunci cînd anumite părți ale sale au fost acoperite de zgomote. În sfîrșit, dacă nu există nici o restricție în ce privește, de exemplu, lungimea cuvintelor, se adaugă dificultatea de a memora cuvinte lungi [28]. Putem privi, așadar, redundanța : a) fie ca ceea ce limitează posibilitățile de combinare a elementelor (litere, foneme etc.); b) fie ca ceea ce înlesnește recunoașterea mesajului; c) fie ca ceea ce sporește siguranța transmiterii mesajelor.

[26] În volumul de informare: S. Marcus, Edm. Nicolau, S. Stati, *Introducere în lingvistica matematică*, București, Editura științifică, 1966, capitolele legate de teoria informației cuprind circa 1/3 din volum.

[27] Pentru detalii, vezi S. Marcus și S. Stati, în vol. *Elemente de lingvistică structurală*, București, Editura științifică, 1967, p. 168.

[28] Fără asemenea restricții am obține mult mai multe cuvinte decît avem nevoie în practica comunicării; de exemplu, într-o limbă cu 36 de foneme, $36^4 = 1\,679\,610$ cuvinte de patru foneme etc.

Redundanța nu există numai la nivelul fonemelor, ci și în domeniul morfemelor. „Redundanța morfologică e cuprinsă în sistemul gramatical al fiecărei limbi; descrierea acestui sistem înseamnă, de fapt, descrierea redundanței morfologice a limbii respective" [29]. Noțiunea poate fi extinsă și la teoria îmbinărilor de cuvinte în cadrul unei propoziții, precum și la îmbinarea propozițiilor în cadrul unei fraze. Unele combinații sînt permise de gramatică, dar sînt interzise de logică.

Utilitatea practică a redundanței morfemelor în limbile naturale se leagă de asigurarea înțelesului comunicării în prezența „zgomotelor".

În cursul istoriei limbilor, trăsăturile redundante (sau care devin redundante) sînt cîteodată eliminate; dar dispariția unor trăsături redundante poate fi compensată în sistemul limbii prin apariția altora [30].

Firește, în toate situațiile de mai sus, redundanța a fost caracterizată prin gradul de abatere de la libertatea totală de combinare a elementelor și de la egala probabilitate de apariție a acestor combinații. Este natural ca ea să fie măsurată cu ajutorul entropiei *relative* h_n :

$$h_n = \frac{H_n}{H_o}$$

$$R = 1 - h_n$$

Aici H_0 este „entropia de ordinul zero", calculată în ipoteza că toate rezultatele sînt echiprobabile :

$$H_0 = log_2 p_i$$

[29] S. Marcus și S. Stati, *op. cit.*, p. 175.

[30] În limba română scrisă actuală, redundanța medie este de 10,6% (Edm. Nicolau, C. Sala și A. Roceric, 1959) Cu privire la implicațiile redundanței în evoluția limbilor, cf. E. Kis. *Procès d'anticipation de l'information linguistique à différents niveaux*, în „Cahiers de lingvistique théorique et appliqué ", 1967, IV, p. 89 și urm.

Variații necesare ale redundanței în folosirea limbii în afara comunității pentru care este limbă maternă pot explica particularități ale evoluției (cf. J. Herman, în *X Intern. Congress. Linguists*, Bucharest, 1967, abstracts, p. 145).

„Entropia de ordinul întîi" H_1 este obținută ținînd seama de probabilitățile specifice fiecărei variante (este ponderată) :

$$H_1 = -p_i \log p_i$$

Dacă cercetăm statistic frecvențele de apariție a combinațiilor de cîte două unități (de exemplu de cîte două litere), obținem entropia H_2 de ordinul doi ș.a.m.d. În general

$$H_0 \geqslant H_1 \geqslant H_2 \geqslant \ldots \geqslant H_n \geqslant H_{n+1} \ldots$$

Cu alte cuvinte, pe măsură ce ținem seama de probabilitățile de apariție a unor combinații din ce în ce mai mari de unități, nedeterminarea se micșorează.

Este ușor de văzut că redundanța exprimă tocmai gradul de organizare (de structurare) a limbii.

Dar *asigurarea* mesajului nu este singura funcție a redundanței. Putem enumera și alte funcții *gnoseologice și psihologice* ale redundanței mesajului vorbit sau scris :

a) *redundanța de scurtcircuitare.* Poate fi adevărată ideea că teoremele nu aduc „informație gnoseologică" în plus față de axiome ; în orice caz, concluzia explicită a unei teoreme este un adevăr mult mai la îndemînă decît același adevăr implicat în axiome. *Avem nevoie* de adevăruri practice și acestea sînt întotdeauna explicite și particularizate. La alt nivel al cunoașterii (nu *individuală*, ci a *omenirii*), obținerea experimentală a unor adevăruri care principial pot fi *deduse* este uneori o astfel de scurtcircuitare [31] ;

b) *redundanța de memorizare.* „Intabularea" informațiilor cere un exces de informație ; dar — și din punct de vedere psihologic — *repetitio est mater studiorum* (vezi mai jos, la d)) ;

[31] Prin analogie cu demonul lui Maxwell din termodinamică, am putea relua — în perspectivă informațională — problema „demonului lui Laplace", care — într-un univers determinist — s-ar putea dispensa de cunoașterea *directă* a realității, el putînd deduce orice eveniment viitor pe baza cunoașterii ecuațiilor diferențiale ale stării prezente.

c) *redundanța cu rol estetic.* Nu se poate spune că o poezie se „reduce" la o idee, că un roman se „reduce" la acțiunea sa, că tabloul *Mona Lisa* al lui Leonardo se „reduce" la portretul unei femei care zîmbește. Există o redundanță care creează atmosfera lirică, după cum o exigență stilistică poate fi — în multe cazuri — tocmai concizia. În aceeași ordine de idei amintim că pleonasmele sînt uneori căutate pentru efectul umoristic ;

d) *redundanța cu rol de întărire* (eventual cu rol sugestiv). De obicei o idee nouă se impune (sau convinge) cînd este expusă abundent, într-o carte mai curînd decît într-un articol scurt. În acțiunea de *convingere* există întotdeauna și un coeficient de sugestie. Între *repetarea excitantului* și *redundanța lingvistică* există numeroase grade intermediare ;

e) *redundanța cu rol magic sau de evitare a tabu-urilor.* Aici sîntem în vecinătatea domeniilor religiilor, superstiției și a psihopatologiei. Eufemistica și parafraza sînt redundanțe intermediare între c) și e).

În diverse limbi, entropia are valori apropiate ($H_0 \sim 5$, $H_1 = 4-5$, $H_2 \sim 3{,}5$ etc.), deși limbile utilizează alfabete cu lungimi variate, iar distribuția statistică a literelor diferă de la o limbă la alta. Edm. Nicolau a arătat [32] că acest fapt poate fi privit ca expresie a unui principiu strategic de minimizare a „costului" producerii mesajului.

C) „*Influența la distanță*" a unităților lingvistice [(i, j) — dependență, N. Chomsky] poate fi cercetată cu ajutorul entropiilor. Dacă la începutul unei pagini găsim cuvîntul „fonem", este puțin probabil ca la sfîrșitul aceleiași pagini să apară cuvîntul „fermentație", dar este destul de probabil ca să întîlnim cuvîntul „cuvînt". Influența *medie* la distanță a cuvintelor

[32] Edm. Nicolau. *Einige Untersuchungen zur Nachrichtenübertragung durch Vermittlung der Sprache*, în „Z. für Phonetik, Sprachwissenschaft und Kommunikationsforschung", 1961, vol. 14, p. 173—187 ; Edm. Nicolau, în *Introducere în lingvistica matematică*, p. 283.

dintr-un text este dată de acel număr n începînd de la care avem

$$H_n = H_{n+1} = H_{n+2} = \ldots$$

S-a constatat (N. G. Burton și J. C. Lichlider, 1955; I. M. Iaglom și A. N. Iaglom) că apariția unei litere influențează *în medie* aparițiile următoarelor 30 de litere, dar de la litera a 31-a influența se stinge. Este vorba de „constrîngeri", „restricții" care dau tocmai structura limbii.

Influența la distanță a cuvintelor este mai mare în textele poetice. Kolmogorov (1962) a propus noțiunea de „suplețe a textului", calitate care poate fi determinată prin experimente analoge celor care determină entropia limbii.

D) Probleme interesante (nu numai din punct de vedere metodologic) sînt legate de valoarea entropiei lingvistice. Calea *statistică* (pornind de la cercetarea probabilității diferitelor combinații de litere, foneme, morfeme etc.) este nepractică. Shannon a propus o metodă experimentală (a „ghicirii" literei următoare), iar Edm. Nicolau (1962) a făcut uz de funcția de autocorelație. *Probabilitatea* de apariție a cuvintelor este invers proporțională cu *rangul* în tabela frecvențelor (Zipf, 1943) [33]: lege care permite calcularea entropiei cuvintelor ($H_1 \approx 11{,}8$ biți pentru limba engleză) și care, după Mandelbrot, are și ea o interpretare strategică (de economie, de reducere a *costului mediu* pe cuvînt). Unei litere îi revine în medie $1/(S+1)$ din entropia care revine unui cuvînt (dacă S este lungimea medie a cuvintelor).

Entropia crește continuu o dată cu lungimea medie a cuvintelor (în silabe) (Fucks, 1956). Trecerea la cuvinte de lungime mai mare corespunde și unei posibilități mai mari de alegere a unui cuvînt de o anumită lungime, deci corespunde implicit unei informații medii mai mari.

[33] Pentru distribuția fonemelor, Edm. Nicolau a găsit o altă relație caracteristică: frecvența este funcție de rangul n după formula $f_n = A2^{-kn}$.

Edm. Nicolau a arătat (1962) că limba literară folosește în general cuvinte mai scurte decît cele care apar în textele științifice (aprecierea se face după numărul silabelor); ceea ce e natural, deoarece limba literară folosește în primul rînd cuvinte din fondul de bază al limbii, cuvinte de mare circulație. Justificarea „strategică" este ușor de dat: în limbajul curent este necesar ca informațiile să se exprime cît mai rapid. Pe de altă parte, literatura științifică utilizează în mod obligatoriu un vocabular cu mult mai bogat, ceea ce implică și un număr mai mare de cuvinte lungi.

Atît statistica silabelor, cît și calculul legăturii la distanță sau metoda lui Fucks duc la concluzia că fiecare limbă este alcătuită, de fapt, din *mai multe limbi*. Din punctul de vedere al statisticii lingvistice și al teoriei informației [34], între limba română literară și cea științifică există o diferență mai mare decît între limba germană și limba arabă.

E) Limba constituie un proces *specific* de codificare a informației, dar teoria limbii nu poate fi „dizolvată" în teoria codurilor. Codificarea pe care o realizează limba nu satisface în mod riguros modelul matematic de cod, deoarece între mulțimea elementelor de conținut (E) și vocabularul limbii L (A) nu există o aplicație biunivocă, fapt datorat, între altele, omonimiei și sinonimiei.

Trecerea de la limba vorbită la limba scrisă constituie și ea o codificare de tipul $\{L(A), L(B), f\}$, unde A este mulțimea fonemelor, iar B este mulțimea literelor. Și aici, condiția de biunivocitate a aplicației f este încălcată [35].

Limba este un cod capabil de detectare și de corectare a erorilor. Unele fenomene din fonologie sau din

[34] Teoria informației este, numai într-un sens anumit, o *teorie* statistică. *Metoda* statistică aplicată în lingvistică este altceva. Asemenea considerații n-au nici o legătură cu sensul dat de Fisher „informației" statistice.

[35] S. Marcus, în *Introducere în lingvistica matematică*, p. 299—301.

Se poate vorbi de un *Homo scribens* (Săhleanu, 1970), variantă semnificativă a lui *H. loquens*, a lui *H. significans* (H. Wald) a lui *H. informationalis* (Edm. Nicolau).

gramatică pot fi explicate în lumina acestei necesități funcționale. Acordul gramatical îndeplinește funcția cifrei de control care ne permite *detectarea; corectarea* face apel la o analiză contextuală mai complexă. Această complexitate — care nu este lipsită de unele ambiguități supărătoare [36] — se poate opune simplității și clarității din codurile construite în mod matematic.

F) În afară de „informația semnificativă", vorbirea orală mai este purtătoarea unei foarte importante informații ce constă din particularitățile individuale ale glasului, din nuanțări de *intonație* ale vorbirii, din intensitatea ei; este o informație care — în unele cazuri — poate chiar *să o contrazică* pe cea semnificativă (din punct de vedere semantic), dar în orice caz — din punct de vedere statistic (shannonian) — i se *adaugă*. Transmiterea acestei informații pe liniile de comunicații (de exemplu prin telefon) are o importanță tehnică reală. I. Berry (1953) s-a limitat la studierea *accentuărilor semnificative*, care pun în evidență anumite părți ale frazei. Se pot pune în evidență legi statistice: cuvintele rare sînt mai des reliefate prin accentuare decît cuvintele frecvente („legea lui Berry"). Ordinul de mărime al informației legate de „accentul logic" se estimează la 2,4 bit/cuvînt.

După K. Küpfmüller (1954), în limba germană, la o vorbire cu viteză normală, informația „nesemnificativă" este de circa 70% din cea semnificativă[37].

G) După Wiener, Shannon și Weaver, Carnap și Bar-Hillel, un mesaj verbal cuprinde *informație* care poate fi încadrată în (cel puțin) trei nivele: a) (fonetic), legat de transmisia simbolurilor; b) legat de interpretarea semantică a simbolurilor; c) legat de eficiența practică („pragmatică", „comportamentală") a mesajului.

[36] De exemplu, în sintagma „învățătoare tenace" nu se poate preciza dacă este vorba de forme singulare sau plurale.

[37] Cf. I. M. Iaglom, R. L. Dobrușin și A. M. Iaglom. *Teoriia informații i lingvistica*, în „Voprosî iazikotnaniia", 1960, nr. 1.

S. S. Stevens (1951) a propus următorul criteriu pentru definirea „procesului de informație practică": comunicația se produce atunci cînd organismul dă un răspuns diferențial la stimulul aplicat, și lipsește atunci cînd organismul nu dă un răspuns la stimul. Dacă doi stimuli diferiți nu provoacă două reacții diferite, atunci ei pot fi socotiți sinonimi (A. L. Fritz și D. W. Greyer)[38].

H) În procesul comunicării lingvistice trebuie să ținem seama de faptul că între sursa E și țintă (receptor) R există o interacțiune $E \rightarrow\leftarrow R$. Receptorul „vine înaintea" informației cu reprezentări, interpretări etc. contaminante și cu ceea ce s-a numit „prognoză informațională" (L. Kardos ș.a.). Între informația unui text și prognoza informațională există un raport invers[39].

J) Cuvintele încep ca semne („marcînd" convențional *altceva* decît sînt ele), dar prin asocierea și jocul lor modal capătă investiție cu sens. *Semnalul* este un semn sau un grup de semne transmise deliberat. Deosebim *conotația* (la mesajele de conținut, în care sînt implicate atribute) de *denotație* (la mesajele de semn). Elementele unui sistem închis posedă înțelesuri fixe, în timp ce înțelesul celor dintr-un sistem deschis este dinamic.

Pentru Parry, *teoria comunicației* este un model care ajută inginerului să-și structureze concepțiile privind modificările pe care le suferă un semnal. *Teoria informației* este o tehnică de măsurare pentru a stabili

[38] *Information Theory in Psychology* (ed. H. Quastler), Free Press, Glencoe, 1956. Pentru alte aspecte ale comunicației, vezi Tatiana Slama-Cazacu. *Comunicarea în procesul muncii*, București, Editura științifică, 1964.

[39] B. Büky, în *X Congrès Int. Linguistes*, Bucharest, 1967, résumés, p. 50. Despre *entropia subiectivă*, ca element de fiabilitate, cf. P. B. Nevelsky, op. cit., p. 256.

Și Tatiana Slama-Cazacu a insistat asupra reversibilității relației *E-R* în comunicarea umană și asupra faptului că între parteneri circulă *mesaje*, și nu „simplă" informație. Replica (răspunsul) este mai mult decît un mijloc de verificare a receptării și decodării. Comunicarea concretă interumană integrează semnele (verbale și neverbale) în *context*.

fidelitatea cu care semnalele impuse unui canal (intrări) sînt transformate în ieşiri sau (ceea ce e acelaşi lucru) pentru a stabili eficacitatea transmisiei de semne într-un sistem artificial. Ceea ce se măsoară este viteza sau economia cu care poate fi transmisă informaţia de semn, respectiv reducerea de nesiguranţă. Entropia în *teoria comunicaţiei* exprimă nesiguranţa medie cu care sursa produce elementul următor unui element dat. Redundanţa este atunci gradul de independenţă între elementele succesive, legată de influenţarea expectaţiei semnului care urmează de către natura celui precedent. Însă în vorbirea obişnuită vorbim despre redundanţă atunci cînd cuvintele nu aduc nimic nou la *înţelesul* obţinut. În limbajul vorbit sau scris, redundanţa creşte o dată cu dobîndirea *înţelesului*. Parry mai arată că multe dintre mecanismele folosite pentru a transmite conţinuturi *afective* pot fi privite ca tipuri de *redundanţă*, dacă ne limităm la contextul *cognitiv* (de exemplu repetiţia unui cuvînt).

Interpretarea noii experienţe se face întotdeauna pe baza unei *scheme* mentale (Bartlett) derivate din experienţa trecută. Comunicaţia poate eşua dacă receptorul şi emiţătorul posedă scheme incompatibile. Importanţa *Eigen* — modelului a fost subliniată şi de H. Bremermann (1958). Pentru Parry, prin *prelucrare de informaţie (processing)* ar trebui să înţelegem numai ceea ce are loc în sisteme *închise* de semne. De aceea el îi atribuie un rol minor în funcţiile mentale înalte, în relaţie inversă cu componenta creatoare a activităţii mentale.

J) O încercare de a cantifica *înţelesurile* o datorăm lui C. E. Osgood (1952). Tehnica sa *(semantic differential)* este în esenţă o tehnică statistică (factorială) pentru identificarea elementelor sau dimensiunilor ce contribuie la înţelesul verbal şi porneşte de la fenomenul de sinestezie (în care impresiile provenite de la un simţ sînt exprimate în termenii altuia : de exemplu atribuim culori sunetelor). Parry observă că tehnica lui Osgood urmăreşte explorarea *anatomiei* înţelesului verbal, şi nu măsurarea cantităţii de înţeles transmis într-un mesaj de conţinut.

2. *Observaţii diverse cu privire la limbă*

A) Gîndirea (rezultat al dezvoltării omului în societate) presupune cooperarea organizată a mai multor creiere. Condiţia necesară a cooperării acestora este circulaţia informaţiei între ele cu ajutorul *limbajului* (Nicolau şi Bălăceanu, 1967). Dintr-un punct de vedere general, limbajul este orice mijloc de comunicaţie între două sisteme cibernetice; informaţiile transmise îmbogăţesc conţinutul engramatic, modifică starea internă a sistemelor şi mai ales comportarea.

B) Prin folosirea cuvîntului — în operaţiile mintale — în locul masei de informaţii care se referă la concept, reţeaua nervoasă realizează o reducere de redundanţă. Cuvîntul joacă un rol esenţial în clasarea şi ordonarea informaţiilor.

C) Edm. Nicolau şi C. Bălăceanu deosebesc în limbaj un nivel energetic (undele sonore), un nivel statistic (semnalele şi semnele care alcătuiesc unităţile lingvistice se prezintă cu o anumită frecvenţă) şi un nivel semantic. Componentele şi unităţile limbii sînt subatomice (formanţi), atomice (foneme, litere), moleculare (cuvinte) şi macromoleculare (expresii tipice) [40].

D) I. Biberi [41] consideră că limbajul este un act „gnozothymopraxic, de origine socială, folosind simboluri". Cuvîntul uzual ar avea un „caracter neadaptat, întîmplător şi convenţional în raport cu esenţa gîndirii" (de altfel, şi Vendryès subliniase cîndva valoarea „pur fiduciară a cuvîntului"). După părerea noastră, la „imperfecţiunea" limbilor naturale contribuie, în primul rînd, *tocmai* funcţionalitatea lor multiplă (gnozică, timică şi practică), care impune soluţii suboptimale (de compromis) la problemele comunicării. Gradul de convenţionalitate este mai curînd insuficient, cum o arată elaborarea limbilor artificiale din era calcu-

[40] Edm. Nicolau a. C. Bălăceanu. *A neurocybernetical approach to the problem of language*, „International Cybernetic Congress, Proceedings", London, 1969, p. 441—446.

[41] I. Biberi. *Orizonturi spirituale*, Bucureşti, Editura tineretului, 1968, p. 124.

latoarelor electronice, limbi *ad hoc* „construite" ținînd seama de necesitățile speciale ale traducerii dintr-o limbă în alta sau ale „comunicației" dintre om și mașină, dar și de teoremele codificării. Caracterul „întîmplător" în raport cu esența gîndirii este, mai curînd, amprenta factorului istoric în dezvoltarea limbii. Dar „funcția de utilitate" ar putea să fie un principiu *energetic* de economie, și nu principiul fidelității față de gîndire. În sfîrșit, ni se pare important să medităm asupra faptului că gîndirea individuală a fost nevoită să se supună exigențelor comunicației interumane (sociale) și acest factor se repercutează adînc asupra mecanismelor gîndirii și ale expresiei.

E) În procesele involutive, ca în afazii, se notează modificări în caracteristicile informaționale ale limbajului. Se reduce entropia fonematică și entropia pe cuvînt (I. Voinescu, 1967); mesajul este imprecis, cu mare redundanță și cu mică valoare informațională; funcționează defectuos dispozitivele de încodare și de decodare, procesele de discriminare, de comparare și de decizie, legile probabilistice; zgomotele de pe canalele asociative nu pot fi neutralizate printr-o codare adecvată etc. Strategia generală a utilizării fonemelor și cuvintelor este însă păstrată, cum o arată conservarea relațiilor lui Edm. Nicolau și Zipf. [42].

PEDAGOGIA „INFORMAȚIONALĂ"

Procesul de instruire, educație, transmitere „școlară" de cunoștințe este, firește, un proces din „universul informațional". Pe noi ne interesează înnoirea de mentalitate, de problematică și de metodologie, pe care științele informației și cibernetica le-au adus în acest sector.

[42] Cf. A. Kreindler și A. Fradis. *Afazia*, București, Editura Academiei R.S.R., 1970, p. 215—245.

A) În lumina unor considerații pe care le vom expune în capitolul relativ la problema reflectării, distincția între pedagogia *informativă* (instruirea) și cea *formativă* (educația propriu-zisă) nu ni se pare a avea decît o valoare relativă.

B) Instrucția (și educația) pot fi considerate ca un anumit *tip de comandă și control*. „Legile dirijării didactice" pot fi privite ca un caz particular al legilor mai generale ale comenzii și controlului [43].

C) Analiza cibernetică și informațională a procesului de învățămînt duce la distingerea formării deprinderilor „de natură algoritmică", care alcătuiesc o parte importantă a rezultatului instrucției. La rîndul ei, analiza algoritmilor (gramaticali etc.) ai activității intelectuale duce la ameliorarea lor, în sensul optimizării. Dar un loc însemnat trebuie să-l ocupe și formarea unor procese de natură nealgoritmică: rezolvarea unor probleme pentru care nu se poate construi un algoritm sau a căror soluționare algoritmică este „nerațională" (de exemplu, neeconomică, limitativă de orizont etc.). Pe scurt, „tineretul trebuie înzestrat cu strategii multiple" (V. Bunescu, 1968).

D) Pentru transformarea pedagogiei într-o știință exactă se cere elaborarea unor metode științifice de măsurare a proceselor psihice, a aspectelor caracteristice din activitatea didactică, a eficacității și eficienței acestei activități. Or, teoria informației pune la dispoziție mijloace de evaluare care nu pot fi neglijate.

În această privință, o valoare deosebită o au ideile după care instruirea nu înseamnă numai o abolire a ignoranței (necunoașterii), ci și o abolire a nedeterminării. Evaluările pe baza entropiei taxiologice [44] se referă la gradul de dificultate ce trebuie depășit în diferite momente ale învățării, precum și la precizarea

[43] L. N. Landa. *Despre abordarea cibernetică a teoriei învățării*, în. *Dialectica marxistă și științele moderne*, vol. IV, *Cibernetica*, București, Editura politică 1963, p. 252.

[44] G. Zapan. *Modelarea matematică a activităților umane și a proceselor evolutive cu specială aplicare în domeniul pedagogiei și psihologiei*, în „Revista de pedagogie", 1966, nr. 5.

cantității de informație ce urmează a fi folosită la fiecare nivel de organizare a cunoștințelor, pentru a se putea depăși dificultatea.

E) Procesul pedagogic care-și merită numele este un proces de *dirijare cu conexiune inversă*. Dar „una dintre sarcinile dirijării complete" este obținerea capacității de autodirijare (L. N. Landa). Pentru a realiza dirijarea completă, instrucția trebuie să fie un proces cu o bună *conexiune inversă*.

F) O bună conexiune inversă impune o circulație de informație deosebit de mare între profesor și elevi — în cazul metodelor clasice de predare. Considerente de teoria informației au arătat că metodele clasice nu sînt optimale din punctul de vedere al eficienței. „Instruirea programată" [45] are în vedere tocmai o optimizare. Metoda de control a însușirii — în care fiecare întrebare este însoțită de o întrebare și mai multe răspunsuri, dintre care numai unul este corect — corespunde unui model fundamental al teoriei informației — cel implicînd o *alegere*.

G) După H. Perret se poate vorbi de o „informație didactică" [46].

H) Progresul în procesul învățării poate fi urmărit aplicînd indicii (taxiologici) ai lui G. Zapan [47]. De exemplu, cunoașterea noțiunilor poate defini *informația stocată; informația operațională* sau *eficientă* este partea care poate fi efectiv folosită în rezolvarea unor probleme; se mai poate vorbi și de o *informație brută* etc. Pentru calculul indicilor se ia în considerare procentul de răspunsuri corecte. Bineînțeles că rezultatul în biți nu exprimă valoarea informațională a noțiunilor asimilate, ci gradul de organizare al procesului de învățare. Așa se explică rezultatul paradoxal după

[45] Cu privire la această problemă: Al. Roșca (ed.). *Creativitate, modele, programare*, București, Editura științifică, 1967; V. Bunescu, I. Berca și E. Novicicov. *Instruirea programată*, București, Editura didactică și pedagogică, 1967.

[46] H. Perret. *La cybernétique et la transmission de l'information didactique*, în „Intersystèmes", 1968, nr. 1, p. 8 și urm.

[47] *Op. cit.* („Revue roumaine des sciences sociales-psychologie", 1969, vol. 13, p. 189; *Sociologia militans*, II, p. 56 și urm).

care cantitatea de informație „transmisă" într-o lecție este de cîțiva biți (de exemplu, 92% răspunsuri exacte la învățarea a 260 de cuvinte străine corespunde la 14,2 biți, *max H' (H) = max H' (E)* fiind de 16,65 biți !). Numai în această perspectivă $\rho = 0{,}5$ înseamnă un rezultat detestabil. Un $\rho = 0{,}5$ poate însemna, în anumite cazuri, un rezultat bun (atunci cînd se pornește de la 0% răspunsuri exacte, cînd se compară cu un $p < 0{,}5$ în ce privește eficiența). Indicele nu poate distinge dezorganizarea de reorganizare, el poate oglindi însă *previzibilitatea*, gradul de asigurare al unui rezultat. În măsura în care organizarea este legată de *valoare*, indicele taxiologic este și un „indice axiologic".

I) Considerente informaționale ne permit să „situăm" procesul de învățămînt printre factorii formatori ai omului și cei evolutivi ai culturii. În societatea umană joacă un rol covîrșitor influențele modelatoare, de tip instructiv, pe baza plasticității mentale a individului. Inovațiile și achizițiile individuale se pot difuza în populațiile umane și se pot conserva în lungul generațiilor pe o cale extragenetică, non-biologică, care este calea culturii.

J) O altă problemă a pedagogiei informaționale este rolul „întăririi" ca motor al procesului de învățare (Skinner). Dar principiul aferentației inverse nu este o simplă expresie a întăririi ca mijloc de fixare în memorie, ci un model al operației de control al acțiunii, operație realizată prin cunoașterea și compararea rezultatelor acțiunii cu imaginea mintală a acestuia.

K) Problema „creativității" a fost abordată de către psihologi pe mai multe căi, la fel de interesante din punctul nostru de vedere.

S. A. Mednick (1962) a insistat asupra selecției unor seturi de *combinații* creative, M. Wertheimer (1959) asupra reorganizării „fragmentelor" informaționale din legături disociate.

Fragmentarea și recombinarea sînt însă și un mecanism fundamental al „apariției noului" în lumea informației ereditare. La creativitate contribuie și „erori utile" (sau utilizabile), corespunzătoare mutațiilor.

A) Datorăm lui A. Moles[48] distincția între *informația semantică* (logică, structurabilă, enunțabilă, traductibilă, ducînd la acțiune) și *informația estetică* (intraductibilă, dar „transpozabilă", ducînd la parafrază).

Ce legătură există însă între entropia *mesajului* artistic și efectul său estetic? Pe bază matematică se confirmă existența relației inverse între valoarea emoțională și banalitate. Mesajul poetic este, oricum, unul dintre mesajele lingvistice cele mai bogate în informație, datorită, *între altele*, asocierilor puțin obișnuite de cuvinte și elementului surpriză.

H. Frank[49] a emis ipoteza că valoarea estetică a unui semn (sau semn-cheie) este dependentă de frecvența sa de apariție în mesaj. H. Frank vorbește despre o informație *subiectiv efectivă*. Efectul estetic este legat, după cît se pare, de „bilanțul informațional", ca și de cheltuiala de energie psihică necesară descifrării, ordonării și valorificării informației estetice. Elementele structurale care au fost gîndite pînă azi în legătură cu categoria de frumos (armonia, măsura, regula, rotunjirea, media etc.) sînt „coduri estetice simple care asigură o transmitere a mesajului cu pierderi minime de informație"[50].

B) „Plăcerea estetică" este dată — între anumite limite — de raportul dintre *complexitate* și *organizare sinoptică* (Birkhoff). Dar reducerea (excesivă) a complexității „micșorează plăcerea estetică, în loc s-o amplifice". Pictura și muzica contemporană, cu o ridicată valoare a complexității, evidențiază faptul că activitatea de organizare proprie a receptorului, solicitată, pusă în tensiune, poate fi *tocmai* cea care generează

[48] A. Moles. *Théorie de l'information et perception esthétique*, Paris, 1958, p. 39.

[49] H. Frank. *Grundlagenprobleme der Informationsästhetik*, Stuttgart, 1959.

[50] Cf. D. Langer. *Informationstheorie und Psychologie*, Göttingen, 1962, p. 22.

satisfacția estetică[51]. Oricum, activitatea de receptare se continuă cu una de prelucrare interioară, la care contribuie (negentropic) tocmai receptorul; un *spor* de informație este adus de gîndirea și imaginația acestuia: „informația estetică *subiectivă*, dobîndită în final de către un receptor cu o cultură corespunzătoare, este întotdeauna superioară informației estetice *obiective*, conținută de operă"[52].

C) Umberto Eco a venit (1962) cu un punct de vedere personal. Plăcerea estetică, așa cum se realizează în fața oricărei opere de artă, se bazează pe mecanismele de integrare și completare tipice pentru oricare proces de cunoaștere (în *perspectiva psihologiei tranzacționale*). Aceasta corespunde la *deschiderea de gradul întîi*. Dar esența poeticilor contemporane nu constă în recunoașterea finală a unei forme, cît în „recunoașterea unui proces *permanent* deschis care să identifice mereu noi *profiluri* și noi posibilități ale unei forme"[53]. *Este deschiderea de gradul doi. Geneza* formelor importă mai mult decît *structura* lor. Mai mult, ambiguitatea și (ceea ce noi am numi) „informabilitatea" devin valori însemnate. Inerția psihologică este refuzată, imprevizibilul și chiar dezordinea sînt cultivate, incertitudinea, suspensul și neașteptatul sînt elemente importante emoționante, „previziunea așteptatului" este înlocuită cu „așteptarea neprevăzutului". Se accentuează (pînă la exagerare) asupra bogăției semnificațiilor *posibile*, problema nefiind rezolvată întotdeauna[54]. În această perspectivă, creatorul poate fi cel ce „colorează zgomotul alb" sau care împinge ambiguitățile

[51] Problemele informaționale nu se pot reduce la probleme energetice de extremum (*V.S.*)

[52] V. E. Maşek. *Teoria informației și cercetarea estetică*, în „Revista de filozofie" 1967, nr. 7. Dar receptorul *nu* are o receptivitate absolută și o memorie perfectă; mai corect s-ar spune că informația subiectivă finală este superioară (cantitativ) celeia *recepționale* (*V.S.*).

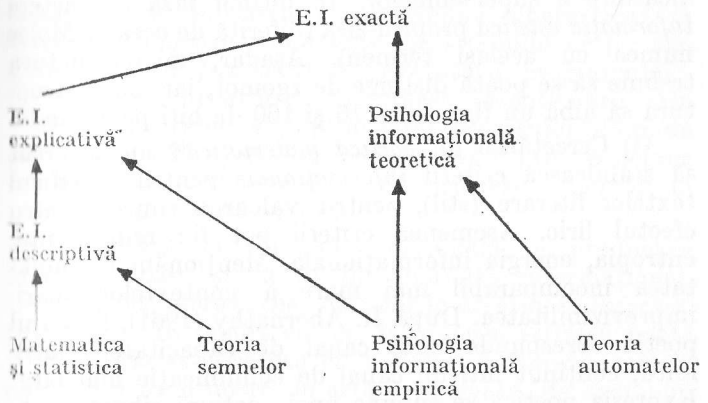
[53] U. Eco. *Opera deschisă*, București, E.L.U., 1969, p. 125.

[54] Încă Leonard Meyer (1957, 1959), aplicînd teoria informației la muzică, susținuse că un stil este „un sistem de probabilități" și că inegalitatea dintre obișnuința noastră de răspuns și cel cerut de stilul muzical are semnificația unui „zgomot cultural".

pînă dincoace de limitele de la care ambiguitățile devin zgomot. Este nevoie de un minim (sau de un optim?) de indicație de ordine; opera *deschisă* trebuie să rămînă *operă*; elementul aleator rămîne *chance domestiquée*; redundanța nu trebuie eliminată excesiv etc.

D) Din punctul de vedere al lui M. Bense [55], fizicul (de exemplu semnalul) este dat cauzal, prin elemente materiale; semanticul este dat comunicativ (prin coduri convenționale); esteticul este dat creativ, de către purtători selectați [56]. Stările fizice sînt determinate logic universal; cele estetice au o determinare particulară (singulară, individuală); o determinare de rang intermediar o au semnificațiile fixate lingvistic (convențional). Numai ceea ce este suficient de bine determinat poate fi recunoscut și deci identificat; deci informația presupune ordine [57]. Creativul presupune, încă mai mult, selecție; ea duce la *supersemne (superizare)*. Bense deosebește o *microestetică*: o analiză care ține seama de repertoriu și de statistica selecției. *Macroestetica* ține seama de aspectul „superativ", de forme, de configurație, de raportul între ordine și complexitate. În microestetica numerică, complexitatea este exprimată prin entropie, iar ordinea — de redundanță. M. Bense se ocupă succesiv de o estetică a constatării, de o estetică materială (din care fac parte considerațiile de mai sus), de o estetică generativă (care se ocupă cu repertoriu, directive, proceduri, programe — „trepte" către realizările concrete).

E) Pentru H. Frank, opera de artă este un mesaj în care supersemnul nu are o semnificație univoc determinată, fiind posibil „un consum de libertate în alegerea diverselor posibilități concrete". H. Frank deosebește o estetică informațională *descriptivă* și una *explicativă*; bazele și etapele esteticii informaționale (E. I.) pot fi schematizate după cum urmează:



Prin *E. I. exactă*, autorul înțelege o estetică capabilă să fundamenteze *algoritme* apreciative (critice). Aprecierea depinzînd de factori social-istorici, autorul crede că E. I. poate avea „valoare paradigmatică pentru alte discipline informaționale".

F) Cu privire la *fundamentele psihologice* ale E. I., reținem următoarele:

a) Se ține seama de capacitatea de receptare și de prelucrare a informației la om, ca și de timpul de persistență în „memoria imediată". Pe această bază se estimează o „capacitate de afluență" de 16 biți pe secundă și o „capacitate de înțelegere" de maximum 160 biți pe secundă. Stocarea, după cum știm, nu depășește 0,5—0,7 b/secundă.

b) Contradicția între afluență și memorizare este parțial rezolvată prin „constituirea redundanței subiective" (*reducere* a informației subiective). Esențială este formarea de supersemne de diferite *nivele*, care în estetică sînt tocmai „treptele de contemplare".

[55] *Einführung in die informationstheoretische Aesthetik*, Hamburg, Rowohlt, 1969. Vezi V. E. Maşek, în „Revista de Referate și Recenzii — Filozofie-Logică-Sociologie-Psihologie", 1970, nr. 3, p. 373—388 (recenzie).

[56] M. Bense vorbește despre *Selbstsein*, *Anderssein*, *Mitsein*; el numește *semioză* trecerea de la semnal la semn.

[57] Încă MacKay (1950) distingea: 1) informația metrică (dată de numărul elementelor, măsurabilă în *metroni*); 2) informația structurală (dată de posibilitatea de a distinge grupe sau clase, măsurabilă în *logoni*); 3) informația selectivă (dată de numărul de etape sau decizii care duc la realizarea ei, măsurabilă în *biți*).

c) În percepția estetică întîlnim un proces triadic cu o fază de *selecție* a informației (în condiții de supraofertă !), care înseamnă tocmai „consumul de libertate"; o fază sintetică (formare de *supersemne* prin identificare de raporturi de ordine, figuri, structuri, forme), apoi o fază analitică — de *analiză* a modalității de alcătuire a supersemnelor. În ultima fază ia naștere *informația estetică* propriu-zisă (diferită de ceea ce Moles numea cu același termen). Așadar, microstructura trebuie să se poată distinge de zgomot, iar macrostructura să aibă un flux între 16 și 160 de biți pe secundă.

G) Cercetările de *poetică matematică*[58] au încercat să stabilească criterii *informaționale* pentru specificul textelor literare (stil), pentru valoarea rimei, pentru efectul liric. Asemenea criterii pot fi: redundanța, entropia, energia informațională. Menționăm însemnătatea incomparabil mai mare a contextelor mari, imprevizibilitatea. După R. Abernathy (1961), limbajul poetic corespunde unui canal de capacitate relativ mică, conținut într-un canal de comunicație mai larg. Expresia poetică se supune unei „acțiuni cibernetice", cititorul acționînd asupra semnificației printr-o veritabilă legătură inversă. Structura organizată a poeziei tinde să scadă entropia, în timp ce figurile poetice tind să o crească. A. Baldovenescu, E. Pușcalău și D. Stan au publicat (1969) o analiză informațională a operei poetice eminesciene.

Încercările de a lega „starea estetică" de parametri „termodinamici" sînt contradictorii. După R. Arnheim (plastică) și după W. Rosenthal (arhitectură), artisticitatea ar fi legată de valori mari ale entropiei termodinamice; după J. Slawinska (1966) lucrurile ar sta tocmai invers. Poate că „starea estetică" este *tocmai* figurarea specifică a unei *tensiuni* antientropice.

H) A. Moles susține că nici un artist nu reușește să transmită *prin opera sa* întreaga cantitate de informație estetică *virtual existentă* în schema structurală

[58] Vezi S. Marcus, *Poetică matematică*, București, Editura Academiei R.S.R., 1970, p. 24, 26, 27, 29, 34, 52, 79—87 și mai ales p. 187—210.

a personalității sale artistice. Dacă ținem seama și de acest factor, problema „înțelegerii mesajului artistic" devine extrem de complexă [59].

I) Putem considera ca alcătuind *o parte a esteticii* acea știință care ar cerceta condițiile eficacității activității artistice și mijloacele care asigură această eficiență. Este aplicarea unei „gîndiri cibernetice" la estetică. Momente importante ale studiului ar fi: asigurarea (prin *feed-back*) a „executării programului", în ciuda perturbațiilor; asigurarea recepționării prin „redundanță estetică"; optimizarea procesului (de pildă prin *adecvarea* operei la receptor sau prin educarea receptorului) astfel încît să se realizeze economii în „substanță, energie și timp" [60].

Receptarea socială (nu individuală) a producției artistice poate și ea să fie abordată informațional. Convențiile, moravurile, obiceiurile alcătuiesc *informații apriori*. În raport cu ele, informația estetică poate fi acceptată sau trecută cu vederea. Înrîurirea socială exercitată de o operă de artă este legată, de exemplu, de noutate; operele sînt „uitate" de îndată ce conținutul lor informațional a fost epuizat prin transformarea în stereotipuri de gîndire și de comportare. Sensul artei este de a da impulsuri (evolutive sau coordonatoare) într-o societate aflată într-un echilibru social-istoric instabil [61].

J) Amintim, în sfîrșit, tentativa lui T. Paleolog de a propune o „clasificare de tip cibernetic" a genurilor de artă pe baza analizei *limbajurilor* corespunzătoare: o clasificare dinamică „sub forma unor serii de modele de limbajuri artistice, psihofiziologic posibile, în cadrul civilizației de azi și de mîine, bazîndu-ne pe posibilitățile potențiale ale utilajelor electronice-cibernetice

[59] A. Moles crede că o mașină care modelează algoritmic coordonatele specifice ale respectivului artist ar putea realiza operele pe care autorul *ar fi putut* să le creeze, epuizînd stocul de informație neexprimat (arta permutațională).

[60] V. E. Maşek, *op. cit.*, p. 789.

[61] *Op. cit.*, p. 793.

în curs de dezvoltare“ [62]. Tentativa ne interesează deoarece se referă la *posibil* (ca orice tehnică), și nu la *existent* (ca în știință) : de pildă, solicitînd în diferite combinații cele cinci simțuri, se obțin 359 de *modele fundamentale*, dintre care numai 19 sînt practicate pînă azi în decursul civilizației [63]. Ne interesează și pentru utilizarea combinatoricii ; de asemenea, pentru introducerea unor noțiuni noi ca cea de „practică estetică“ (cum ar fi, de exemplu, parfumarea), formă de *comunicare* umană care exercită o înrîurire similară cu artele (deci care are un evident sens informațional.)

K) V. E. Mașek observă că *teoria* informației are importante limitări metodologice în estetică. Analiza elementelor componente (semne informaționale) nu poate epuiza sensul operei, care e dat de integralități [64]. Conținutul unei imagini poetice nu este o sumă de informații purtate de cuvintele respective. *Subtextul* imaginii este adesea hotărîtor. „Informația conținută de o imagine artistică se deosebește esențial și calitativ de cea conținută de o noțiune științifică“. Primordialitatea conținutului și importanța elementului concret ca mijloc de expresie al acestui conținut arată de ce cibernetica și teoria cantitativă a informației pot constitui o *metodă*, dar nu o *metodologie* [65].

INFORMAȚIA ȘI ARTA MILITARĂ

Cibernetica poate fi privită, după cum știm, și ca o teorie generală a conducerii. Pentru discutarea proceselor de conducere din sectorul cu care ne ocupăm

[62] T. Paleolog. *Calcularea modelelor de limbajuri artistice potențial practicabile și perspectivele lor de dezvoltare*, în „Revista de filozofie“, 1967, vol. 14, nr. 10, p. 1 149.

[63] De fapt se ajunge la 32 209 modele de subgenuri, ceea ce-l face pe autor să admită că „dezvoltarea limbajurilor artistice se află abia în stadiul copilăriei sale“ (p. 1 163).

[64] O situație analogă se întîlnește în biologie.

[65] Pentru completări vezi subcapitolul consacrat concepției lui A. Moles.

în acest paragraf, este preferabil să se vorbească de *comandă* [66]. „Este evident că și conducerea trupelor pe cîmpul de luptă constituie un proces de comandă tipic“ [67]. Ceea ce este interesant, în acest exemplu, pentru o teorie generală a legăturilor informaționale este evidențierea aspectului de *efectivitate* și *eficacitate* a semnalului-ordin. Un ordin militar nu aduce „știri“ subalternului, ci îl obligă la acțiune. *Feed-back*-ul este necesar pentru ajustarea la factori neprevăzuți, ceea ce subliniază semnificația contra-aleatorie a informației de stare (de control). Pentru că un astfel de factor neprevăzut (sau parțial neprevăzut) îl reprezintă tocmai acțiunile întreprinse de inamic, acțiuni de „dezorganizare... care tind să distrugă sistemele de luptă și legăturile sale“[68], problema este de fapt o problemă de *strategie* a jocurilor.

Problemele *energetice* ale artei militare pot fi cu ușurință deosebite de problemele cibernetice, deși, „de regulă, sistemele cibernetice și sistemele energetice funcționează împreună“. Tancul este o mașină energetică. O problemă informațională *stricto sensu* este aceea a codificării. O problemă specifică este *transmiterea secretă a comunicărilor* [69]. Nu este lipsit de interes faptul că în timpul celui de-al doilea război mondial, C. E. Shannon s-a ocupat un timp îndelungat de analiza radiogramelor și telegramelor inamice interceptate, care erau transmise *cifrat* prin mijloacele de telecomunicație. Problemele criptografiei și sistemelor secrete reprezintă un domeniu special al teoriei informației, și, de fapt, „studiul sistematic al informației, care

[66] Unii ciberneticieni fac distincție între *comandă* (în care nu există legătură inversă) și *reglare* (în care există legături inverse). În alte scheme, canalul de legătură directă transmite *informația de comandă* la obiectul comandat ; pe canalul de legătură inversă vine *informația de stare* (de control) la organul de comandă (care prelucrează informația de stare în informația de comandă).

[67] I. Angheloiu și E. Oancea. *Informație și semnal*, București, Editura militară, p. 7.

[68] *Op. cit.* p. 10.

[69] *Op. cit.*, p. 343—362.

ulterior a condus la constituirea teoriei informației", a început cu probleme de aplicație practică *militară* [70].

Problemele *decriptării* n-au însă numai un interes militar. Soluțiile economice ale acestor probleme (găsirea *cheii* potrivite) au o valoare generală în orice depistare sistematică. Cînd încercarea se face prin divizare în două grupe echiprobabile, fiecare încercare dă 1 bit de informație; împărțirea în G grupe echiprobabile mărește cantitatea de informație obținută pînă la $\log_2 G$ biți. Atunci *numărul mediu* de încercări este egal cu informația completă care ne trebuie, adică

$$n = \frac{H(G)}{\log G}$$

INGINERIA INFORMAȚIEI [71]

Din cauză că sistemele informaționale revoluționează operațiile societății moderne, dezvoltarea industriei instrumentelor a crescut în ultimii 40 de ani cu mai multe ordine de mărime.

Se deosebesc cinci clase de dispozitive și sisteme: a) *senzori* în care intrările sînt stări ale mărimilor fizice, iar ieșirile sînt semnale; ei au o „istorie onorabilă" în științele experimentale; b) *sisteme de comunicație*, cum sînt telegraful, radioul, radarul; c) *sisteme de cuplaj*; d) *sistemele de calcul (computers)*; e) *sisteme de prezentare* și *de înregistrare (display and recording)* care dau indicații vizuale directe, înscriu grafic etc.

Transductorul *(transducer, traductorul)* transferă un *fenomen* fizic în altul mai ușor de măsurat (de exemplu, termistorii își schimbă rezistența electrică de 10^7 ori atunci cînd temperatura trece de la $-100°$ la $+450°$C). El nu este un *transformator de energie*,

[70] *Op. cit.*, p. 343. Cf. C.E. Shannon. *Communication theory of secrecy systems*, „Bell System Techn. J.", 1949, vol. 28, nr. 4.

[71] Ch. S. Draper. *Information engineering, the new frontier of technology*, în simpozionul *Environmental Measurements*, „Public Health Service Publication" nr. 999-AP-15, 1965, p. 5 și urm.

ci un dispozitiv care dă indicații (informații) despre un fenomen. Energia necesară poate fi luată de la altă sursă; un bun sistem de măsurare este însă cel care transferă un minimum de energie (P. K. Stein; L. E Bollinger).

Măsurarea nu este singura funcție a *transducerilor* (care pot fi numiți și *traductori*). Alte funcții sînt cea de modificare intenționată (de exemplu amplificarea) și de favorizare a *citirii* (vizuală, auditivă etc.). Merită să fie subliniat și faptul că performanțele dispozitivelor informaționale au indicatori specifici, cum sînt raportul de acceptanță, de emisie, de *transfer* și de *izolare*.

Punctul de vedere informațional asupra sistemelor de măsurare duce la noi clasificări ale acestora. Unele sisteme sînt *neechilibrate:* cantitățile la ieșire sînt observate direct. Așa sînt aparatele al căror nume se termină prin *metru*. Altele sînt *referențiale*, folosind comparații; un procedeu de *anulare* prin echilibrare este simpla cîntărire cu balanța. *Validarea* datelor se referă la „*izomorfismul*" dintre fenomenele urmărite și rezultatul „traducerii lor". Este nevoie de un timp suficient pentru ca informația obținută să „reflecte realitatea" [72]. Sistemul de măsurare poate introduce oscilații proprii care nu reflectă o periodicitate a fenomenului investigat. Așadar, nu orice sistem (cu orice „constante de sistem") este adecvat pentru „reflectarea" oricărui tip sau oricărei specii de fenomen, chiar dacă este sensibil la influențe.

VALOAREA INFORMAȚIONALĂ A UNUI EXPERIMENT. SUGESTII PENTRU METODOLOGIA CERCETĂRII

A) Dacă rezultatul unui experiment nu este cert, calculul entropiei ne permite să folosim caracterizările probabiliste într-un mod mai subtil. De exemplu,

[72] Reflectarea „pasivă" efectuată de traductori cere deseori atingerea unui *echilibru termodinamic* pentru a se obține informația „nemăsluită".

evaluarea informațională a calității unei prognoze va ține seama nu numai de precizia ei (adică de procentul de cazuri în care ea se adevereşte), ci şi de dificultatea de a face o prognoză reuşită (şi care poate fi caracterizată prin gradul de nedeterminare al respectivului experiment)[73]. Din punct de vedere informațional, calitatea prognozei „la 15 august nu va ninge la București" este mult mai redusă decît calitatea prognozei „la 1 martie 1970 nu va ninge".

B) Fie de măsurat temperatura diferitelor părți ale corpului uman (care poate varia cu 10°C între 30°—40°C). Folosind o scală de 5°, informația unei citiri este de 1 bit; la o scală de 1°, ea este egală de $\log_2 10 = 3{,}3$ biți, iar la o scală de 0,1°, devine de $\log_2 100 = 6{,}6$ biți.

În 6 pași binari (deci 6 biți) putem obține — împărțind mereu în jumătate un interval de 100 de unități — o precizie de $1^5/_8$ unități.

C) Prin „comunicație" se poate înțelege orice relație între două variabile *dacă ea are ca rezultat reducerea mutuală a incertitudinii*. Un jucător de tenis, prin acțiunile sale, transmite informație cu privire la partenerul său. De la „comunicația neintenționlă" pînă la calculul corelației nu este decît un pas. O tabelă de corelație (sau de contingență) poate fi privită şi ca o descriere a unui „canal de comunicație cu zgomot", în care caz sînt trecute în casete probabilitățile condiționate, $p_i(i)$. Pe baza lor se calculează $H_y(x)$, adică nesiguranța privind pe x atunci cînd este cunoscut y. De exemplu, se poate spune că înălțimea unui părinte „comunică" să zicem 0,22 biți de informație despre înălțimea unei fice. *Stricto sensu*, termenul de „zgomot" este rezervat pentru acțiunea întîmplării, şi nu pentru intervenția ignoranței. Transinformația (T, R) poate fi folosită, aşadar, în locul coeficienților de corelație.

[73] A. M. Iaglom şi I.M. Iaglom, *op. cit.*, p. 51.

Măsura lui T este de aplicabilitate foarte generală : valorile variabilelor nu trebuie să fie cantitative, nici măcar ordonate, ci trebuie doar să poată fi deosebite între ele. Se poate calcula, de pildă, relația între culoare şi formă.

D) Abordarea informațională poate da sugestii şi pentru tactica cercetării, pentru alegerea sau evitarea unor „pași"[74]. *Nu orice fel de acumulare de informație ne scade incertitudinea.*

E) Investigatorul poate fi omologat cu un receptor, iar respondentul (individul anchetat) poate fi omologat cu emițătorul unui mesaj; *canalul* poate fi scurt (ca în interviu) sau lung (atunci cînd răspunsul este codificat, intabulat, prelucrat statistic etc.). Cu cît canalul este mai lung (în sensul mai *multor trepte:* manifestare, percepție, înregistrare, codificare, transfer etc.), cu atît există mai multe pericole de perturbare a mesajelor.

Dacă raportul dintre zgomot-treaptă este de 0,30, în 7 trepte se ajunge la incertitudinea maximă ! *Practic* este nerațional să tolerăm un zgomot mai mare de 0,10 pentru fiecare treaptă. Un număr mai mic de trepte înseamnă o *raționalizare* în colectarea datelor şi în prelucrarea lor (de exemplu, chestionarul „autoadministrat" elimină treapta percepției; treapta colectării — *recording* — poate fi eliminată prin automatizare etc.).

F) În cercetarea psihologică sau sociologică, în care instrumentul de lucru de bază este *chestionarul*, considerente informaționale ne pot ajuta să alegem metoda de lucru optimă, ca şi metoda de prelucrare a datelor. Astfel se pot preciza condițiile în care este preferabilă ordonarea după rang (*ranking*) sau evaluarea (*rating*), se poate folosi H ca o măsură a dispersiei, se poate alege *determinația* favorabilă (după cum ipotezele sînt deterministe sau probabiliste etc.)[75].

[74] Vezi H. Quastler. *A primer on information theory*, p. 30.

[75] J. Galtung. *Theory and methods of social research*, Oslo, Universitets forlaget, 1967, p. 103, 174, 218 şi urm.

Aplicații ale Teoriei informației în psihologia experimentală, la construirea unor scări nominale, la stabilirea „pragurilor" etc. au fost făcute încă din primii ani după apariția teoriei [76].

G) După cum s-a putut observa, abordarea informațională în problemele cantificării observațiilor experimentale poate duce la principii *tactice* noi în cercetare și la un alt „calcul al experienței".

În ultimele *decenii*, manualele de tehnică a experimentării începeau cu un capitol de statistică matematică. În ultimii *ani*, prioritatea o au noțiunile de statistică. În acest fel procedează, de exemplu, A. B. Kogan [77]. El observă că în laborator nu avem de fapt de-a face cu fenomene, ci cu *semnale*, purtătoare de informație. Problema izomorfismului și a limitelor sale, problema cuantizării devin probleme de gîndire curentă a experimentatorilor.

Elaborarea teoriei informaționale a măsurătorilor a depășit faza de pionierat [78].

S-a vorbit și despre refundamentarea biometriei pe *principiul ciberneticii* [79]. După Schneider, este posibil un *formalism abstract* care permite „interpretări" speciale, cum ar fi: modelul funcțional, stocastic al strategiei jocurilor etc.

[76] G. Durain et S. Moscovici, în „Année Psychologique", 1956, vol. 56, p. 47; S. Moscovici et G. Durain, în „Bull. Centre et rech. psychotechn.", 1956, vol. 5, p. 33; J. M. Faverge, în „J. Psychol.", 1954, p. 47, și 417; J. M. Faverge, în „Année Psychologique", 1953, p. 463; M. Reuchlin. *La mesure en psychologie*, în *Traité de Psychologie* (P. Fraisse-J. Piaget, ed.), vol. I, Paris, P.U.F., 1963, p. 153—189.

[77] A. B. Kogan i C. I. Scitov. *Tehnika fiziologhiceskovo eksperimenta*, Moskva, Vișșaia Skola, 1967, p. 7—16.

[78] P. V. Novițkii. *Osnovî informaționnoi teorii izmeritelnîh ustroistv*, Leningrad, Energhiia, 1968.

[79] B. Schneider. *Das kybernetische Prinzip in der Biometrie*, în „Method. Inform. Med.", 1968, vol. 7, nr. 2, p. 73—79; L. Orloczi. *Information Analysis in Phytosociology*, în „J. Theoret. Biol.", 1968, vol. 20, p. 271—284.

A) Este de menționat că pe cînd transmisia informațiilor a fost încadrată — datorită extinderii telecomunicațiilor — într-o fundamentare teoretică satisfăcătoare, prelucrarea, înregistrarea și regăsirea informațiilor nu au fost supuse unei analize temeinice decît după ce calculatoarele electronice, în dezvoltarea lor, au apărut ca mijloace tehnice adecvate pentru preluarea acestor sarcini.

B) H. Lickert este unul dintre autorii înclinați să înglobeze informatica printre disciplinele tehnice. Pentru Virgil Stancovici (1965) este necesar să conturăm o știință autonomă a documentării și a informării, indiferent de mijloacele folosite pentru a-și atinge obiectivele [81]. Ca atare, ea este cel puțin dependentă (dacă nu face chiar parte integrantă) de relativ noua *știință despre știință* („scientica" în nomenclatura lui O. Neamțu, „scientologia" după alții), știință preconizată între alții de către J. D. Bernal, dar pe care V. Stancovici o înțelege unilateral, ca o știință a *organizării* activității științifice.

C) Din alt punct de vedere, informatica poate fi privită ca o cale nouă de orientare în mijlocul unor mase mari de informații, avînd în știința de azi și de mîine un rol comparabil cu cel pe care l-a avut (și îl mai are încă) statistica. Pentru Bellamy (1961) informatica este deci o ramură a *ingineriei informației* [82].

[80] A. Avramescu. *Tendințe în automatizarea informării și documentării științifice*, în „Studii și cercetări de calcul economic și cibernetică economică", 1968, nr. 2, p. 5—13; A. Avramescu. *Contribuții la optimizarea sistemelor de prelucrarea informațiilor*, Sesiunea Științifică, Centrul de Calcul Economic și Cibernetică Economică, București, 1968, p. 20.

[81] Pentru această știință s-a propus numele de *informatologie*: știință despre *informare*. Vezi și Ch. T. Meadow. *The analysis of information systems*, New York, Wiley, 1967; A. Kent. *Textbook on mechanized information retrieval*, 2 ed., New York, Interscience, London, 1966; O. Frank. *Modern documentation and information practices*, Hague, F.I.D., 1961.

[82] J. C. Bellamy. *Data display for analysis*, în vol. *Environmental Measurements*. „Public Health Service Publication" nr. 999, AP-15, 1965, p. 213, și urm.

D) Progresele vechilor științe și avîntul celor noi determină o creștere uriașă a „informațiilor". Ce putem înțelege prin acest termen, în această ordine de idei? Din punct de vedere practic ne putem referi la *documentele* științifice (publicații și obiecte). *Actualmente* în fiecare an apar aproape 2.10^6 articole în periodice și sute de mii de cărți. În 1965 se evalua (Ursul) la aproape 800 de milioane numărul obiectelor care păstrează „informațiile" științifice ale omenirii, cu un total de $4{,}6.10^{14} - 4{,}6 \cdot 10^{15}$ biți [83].

R. Ruyer observa (1954) că astăzi există un dezechilibru între creierul *neînarmat* al omului și propria sa știință. El este prea slab pentru a purta greutatea uriașelor informații acumulate în biblioteci prin contribuția tipografiilor. „Numai creierii artificiali vor putea valorifica aceste informații, făcîndu-le viabile. Era intelectualului pedestraș se apropie de sfîrșit" [84].

E) În tratarea problemelor de documentare intervin unele considerații analoge celor lingvistice (limbaje convenționale, vocabular de descriptori etc.); ne reîntîlnim cu legea lui Zipf și cu măsurile logaritmice; W. Meyer Eppler (1959) a introdus considerații de teoria informației. În acest sens menționăm și lucrările lui A. Avramescu [85].

F) Dacă automatizarea înseamnă înlocuirea anumitor facultăți intelectuale ale omului prin mașină (A. Avramescu), atunci informatica trebuie privită ca o folosire a automatelor ca auxiliar gnoseologic. Semnalele electronice sînt puse în serviciul memoriei și al gîndirii;

[83] În *Library of Congress* (S.U.A.), în 1962 se „aflau" circa 10^{15} biți (Licklider, Sendess). Circa 10^{13} biți sînt cunoștințele științifice și tehnologice; circa 10^{10} biți revin, în medie, pentru o specialitate (aceasta corespunde la 10^9 caractere tipografice, adică la 10^3 tratate masive). Considerînd că volumul de informații științifice crește tot la 15—20 de ani, rata de creștere a informațiilor este de 2.10^6 biți pe secundă (J. C. R. Licklider. *Libraries of the future*, MIT Press, 1965, p. 14).

[84] R. Ruyer. *La cybernétique et l'origine de l'information*, Flammarion, 1954, p. 16—17.

[85] A. Avramescu. *Möglichkeiten einer Wertzuordnung an wissenschaftlichen Veröffentlichungen*. „Dokumentation/Information", Ilmenau, 1966, p. 35—47.

în automate nu circulă o structură de semnale *analoge* „informației" pe care o primește omul care ar controla-o (sau izoformă cu ea), ci însăși informația în sensul curent al acestui cuvînt [86]. De aceea s-ar putea spune că informatica este o „automatizare ridicată la o putere mai mare" („putere" fiind un termen pe care-l folosim metaforic, dar îl luăm aci cu înțelesul său algebric).

G) Pentru constituirea automaticii s-au interconectat capitole din discipline aparent îndepărtate, matematice, fizice și tehnice : schema-bloc (noțiune a teoriei sistemelor?) este „liantul general" al automaticii. Informatica utilizează, în plus, noțiuni din discipline specifice cum sînt lingvistica, statistica și documentaristica. Automatica și informatica sînt exemple de „megaștiințe" tipice — tipice prin modalitatea de apariție și prin semnificația pe care o au în epoca istorică actuală.

MAȘINILE INFORMAȚIONALE ÎN CERCETAREA ȘTIINȚIFICĂ

A) S-a vorbit despre era *electronică* [87]. Această etichetare se cere explicitată. Premisele fizice ale apariției acestei ere constau în posibilitatea de „a traduce", practic, orice mărime fizică într-o mărime electrică, în maniabilitatea semnalelor electrice, în capacitatea lor de a putea fi amplificate și modulate etc. Premise structurale se găsesc în izomorfismul dintre unele operații logice și unele operații din dispozitivele electronice. Premisele tehnice constau în dezvoltarea electrotehnicii între anii 1850 și 1950 și, recent, în apariția tehnicii semiconductorilor (care, între altele, a permis miniaturizări). Caracterul revoluționar al folosirii dispozitivelor electronice este dependent de faptul că procesele electronice decurg în intervalele de timp foarte

[86] Informația este „autentică", și nu un *Als Ob*.

[87] H. Teichmann. *Das elektronische Zeitalter*, în vol. *Naturwissenschaft heute*, Gütersloh, C. Bertelsman, 1965, p. 246. și urm.

scurte (micro- sau nanosecunde), ceea ce face ca vitezele de prelucrare a informațiilor să fie cu multe ordine de mărime mai mari decît cele ale psihicului conștient uman [88]. Pe de altă parte, costul operațiilor „intelectuale" automate este destul de redus (consumul energetic este neînsemnat, iar marile cheltuieli de construcție ale ordinatoarelor se amortizează relativ rapid)[89]. În mașina electronică, electricitatea nu joacă rolul de propulsor al unui angrenaj, ci ea efectuează operațiile; agentul operațional este fluxul de electroni. Este deci necesar să deosebim *electrotehnica informațională* de *electrotehnica clasică*.

B) Care sînt avantajele folosirii mașinilor informaționale? Unele se leagă de *acuratețea* operațiilor (care nu mai este supusă vicisitudinilor psihologice), de marea capacitate de depozitare (stocaj, storaj) a datelor, de marea viteză de lucru a dispozitivelor electronice. În felul acesta nu numai că se economisește o mare cantitate de „treabă de belfer" *(clerical work)*, dar se pot rezolva în timp rezonabil o serie de probleme și se poate îndrăzni abordarea unor probleme care cer o investiție ciclopică de muncă și de timp [90]. Calculatoarele sînt mașini de mare eficiență și productivitate. Implicit, în acest fel se poate *lărgi baza de date* în analiză și inducție și se poate cerceta sistematic existența a cît mai multe legături, bănuite sau nebănuite,

[88] Creierul — calculînd conștient — prelucrează 3—15 biți pe secundă, impulsele nervoase au durate de ordinul milisecundelor și există o întîrziere sinaptică de același ordin de mărime; viteza de transmitere a influxului nervos este de maximum 100 m pe secundă. Un automat modern prelucrează dincolo de 10^4 biți pe secundă; ordinatoarele noi au o „capacitate" de peste 10^6 instrucții pe secundă și folosesc o memorie centrală cu peste 10^5 adrese. Mașini cibernetice de „citit" pot parcurge peste 10^4 documente într-o *oră*.

[89] În 1965 existau circa $3 \cdot 10^4$ calculatoare electronice în care omenirea „investise" circa 10^{10} dolari (adică aproximativ 400 000 de dolari pe fiecare ordinator).

[90] În timpul zborului circumlunar al navei „Apollo 8" s-au efectuat cîte 80 de miliarde de calcule pe zi pentru a supraveghea desfășurarea zborului.

dintre parametri [91]. Regăsirea și manipularea datelor sînt comode și extrem de rapide, astfel încît informația „ascunsă" în date (potențială, „criptică") este mai ușor și mai complet actualizată (adusă la lumină).

S-a insistat și asupra influențelor pe care le exercită mașinile de calcul asupra cercetătorului: forțarea sa la claritate, eliberarea gîndirii pentru operații cu adevărat creatoare.

Așa după cum automatizarea duce la o schimbare profundă a caracterului întregii producții, *informatica* va duce la modificări adînci în culegerea și chiar în formularea informațiilor. Specialiștii vor trebui să se adapteze la noile forme de obținere și de transmitere a informațiilor, căci înșeși metodele de alegere și de păstrare a informațiilor se vor schimba [92]. O asemenea *adaptare a omului* la mașina informațională este conformă cu principiul conexiunii inverse.

C) Calculatoarele nu sînt numai mașini de „calcul", de prelucrare cantitativă a informației sau de prelucrare a informației cantitative. Ordonarea materialului, tabelarea, indexarea sînt operații preliminare laborioase pe care mașina le realizează foarte bine. În această ordine de idei se cer menționate metodele de *analiză de conținut (content analysis)* în documente, texte, etc. în care „unitatea de informație" poate fi propoziția [93].

În ce privește analiza și prelucrarea *matematică* a materialului, calculatoarele excelează în analiza și prelucrarea *statistică* [94], în operațiile care *fac* și *pornesc* de la numărători. Firește că mașinile sînt potrivite pentru problemele care cer un mare volum de calcule (mult mai mare decît volumul datelor înregistrate) și de aceea sînt larg folosite programele de calcul al

[91] K. Kroeber numește *comprehensiune* (extensivitate) manipularea multor date și *intensivitate* — „articularea detaliată a unor elemente dinamice multiple".

[92] V. M. Gluškov. *Cibernetică, progres, viitor*, p. 105—106.

[93] B. Berelson. *Content Analysis*, în G. Lindzey (ed.). *The Handbook of Social Psychology*, Cambridge, 1954, p. 518 și urm.; P.J.Stone et all., în „Behavioral Science", 1962, vol. 7, p. 483, și urm.

[94] S-a propus termenul de „inginer statistician" (F. J. Rex, 1961).

corelațiilor și problemele de analiză factorială [95]. Chiar dacă prin calculatoare nu se introduc metode de prelucrare noi, facilitățile oferite modifică raportul între diferitele tehnici folosite. Tehnicile altădată evitate din cauza dificultăților lor iau o pondere din ce în ce mai mare. S-a putut spune astfel că „statistica tinde să devină alfabetul esențial al *arheologiei*" (E. Bowles) [96], iar cercetările ample statistice asupra unor probleme istorice se înmulțesc [97]. De la istorie la istoria culturii, de la aceasta la stilistica literară [98] și apoi la lingvistică, cercetările pe ordinatoare se desfășoară între polul operațiilor de *extragere* a informațiilor din date și polul simulării proceselor dinamice [99].

D) „Universul informațional" face legătura (pe plan ontic) între *natură* și *cultură*. Este de așteptat ca (pe plan științific) științele și filozofia informației să realizeze „intercomunicații" între științele naturii și cele ale omului, sau, cel puțin, înrudiri de metodă.

În cuprinsul lucrării de față ne străduim să arătăm utilitatea — în diverse științe ale naturii, ale omului și ale societății — a *aceluiași* punct de vedere informațional. Este de subliniat că o „unificare metodologică" poate fi întrezărită și prin mijlocirea *mașinilor informaționale*, în speță a calculatoarelor (electronice). Cînd unii sau alții dintre autori au afirmat că sîntem

[95] După R. L. Merrit (1967), folosirea metodelor statistice obligă la introducerea unui anumit *stil de gîndire*. În esență, el face substituirea aprecierilor *impresioniste* prin observație controlată și prin numărare sistematică (A. L. George).

[96] P. S. Martin (1967) menționează o lucrare de paleoantropologie pe care a condus-o și care, folosind mijloacele de calcul uzuale, ar fi necesitat 105 ani de muncă calculatorie neîntreruptă; ordinatorul a avut nevoie de 55 de minute, costul cercetării fiind de 350 de dolari.

[97] A. Toynbee, într-o scrisoare către E. A. Bowles (1965), își exprima convingerea că prin utilizarea ordinatoarelor se va umple prăpastia între *abstracțiile* pe care le folosesc curent cei ce studiază probleme umane și *realitățile* umane, care sînt „mii și milioane de interrelații personale".

[98] K. Kroeber (1967): literatura este o comunicare (comunicație) simbolică specială.

[99] *Simularea* se ocupă de relația între „intrările" într-un model și „răspunsurile" sale (legile comportamentului fiind stabilite implicit prin model).

în pragul unei revoluții datorite calculatoarelor și au susținut că inventarea lor are o însemnătate comparabilă cu cea a invenției mașinilor cu aburi, prevăzînd că vor influența secolul XX mai mult decît oricare altă invenție [100], ei s-au referit nu numai la consecințele tehnice-economice, ci și la cele științifice. Se pot stabili grade de tranziție între ceea ce E. Ashby numea (1957) „umanismul tehnologic", pe de o parte, și cercetarea tehnicizată *(computerized)* în „umanități", pe de alta [101]. Aplicațiile în arheologie, sociologie, științele politice, în studiul relațiilor sociale, lingvistică, stilistică, analiză literară, teologie, muzicologie etc. încep să fie din ce în ce mai cunoscute; pentru un aspect al noii „istorii cantitative" s-a și propus numele de *cliometrie* (sau *cliomatematică*, M. Malița).

E) Este ușor de înțeles de ce *diagnosticul medical*, implicînd inferențe cu prelucrări de date statistice, operații logice și fundamentări de decizii, este un domeniu ilustrativ al informaticii și al automaticii intelectuale [102]. În schemele *secvențiale* se indică și ce informație *adițională* privind starea (condiția) pacientului mai trebuie colectată [103]. Acest *model* are o valoare euristică generală.

F) Dezvoltarea informaticii este o cerință imperioasă a dezvoltării *economiei*. „Asigurarea ritmului necesar al progresului" (A. I. Berg) nu se poate concepe fără metode noi, superioare, de culegere și de prelucrare a informațiilor. Transferarea unor calcule la mașinile electronice de calcul pune într-altfel problema econo-

[100] I. Auerbach. *Information — a prime resource*, în *The Information Revolution*, „New York Times" (suppl.), 23 mai 1965, p. 4.

[101] E. A. Bowles (ed.). *Computers in Humanistic Research*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York, 1967.

[102] R. S. Ledley și L. Lusted. *Reasoning foundation of medical diagnosis : symbolic logic, probability and value theory aid our understanding of how physicians reason*, în „Science", 1959, vol. 130, p. 9.

[103] G. A. Gorry a. G. O. Barnett. *Experience with a model of sequential diagnosis*, în „Computers and Biomed. Res.", 1968, vol. 1, nr. 5, p. 490—507.

micității. V. M. Glușkov dă un exemplu din domeniul calculelor de proiectare pentru un profil de cale ferată. Un calcul complet al tuturor variantelor ar fi cerut 10^{40} secole de muncă umană; al variantelor evident avantajoase, 100 ani; mașina a avut nevoie de două ore. În prealabil a fost nevoie de 10 om-ani de muncă teoretică, dar rezultatul acestei munci a fost un *program general standardizat*, capabil de a fi folosit în toate situațiile analoge. Elaborarea programelor de mare generalitate pentru mașini universale *(software)* reprezintă o direcție de dezvoltare a informaticii actuale care poate fi comparată cu linia fundamentală a evoluției „informaționale" a vieții.

PERSPECTIVE ASUPRA MAȘINILOR ȘI ASUPRA TEHNICII

A) Conceptul de tehnologie a fost reexaminat recent de către L. Tondl [104]. Tehnologia înseamnă, între altele, un schimb de substanță („materie"), energie sau informație *organizat* de către om; cu ajutorul ei, omul crește organizarea unor sisteme (acționînd deci antientropic) [105].

Conceptul de tehnologie poate fi însă caracterizat și prin definirea, la diferite nivele, a funcției omului în sarcinile îndeplinite de echipamentul tehnic. Ce face omul și ce face mașina în locul lui? Din acest punct

[104] L. Tondl. *The concept of technology*, în *Actes XI. Congrès International de l'Histoire des Sciences*, Varsovie-Cracovie, 1965, vol. 6, p. 8.

[105] Tehnica contribuie la creșterea entropiei (termodinamice) *în mediu*. Cf. L. Tondl. *Der Januskopf der Technik*, în *Akten XIV. Kongress Int. Philos.*, Wien, 1968, II, p. 573. Și B. G. Kuznețov (*Principp dopolnitelnosti*, Moskva, Nauka, 1968, p. 34 și urm.), pornind de la ideea că „disimetria macroscopică este o formă concretă a negentropiei", definește activitatea de muncă productivă ca o producere de negentropie, ca realizare a unui proiect mintal. De aceea el vorbește despre *informație de producție, informație tehnică* etc. Informația de producție ar fi o „plusvaloare dinamică".

de vedere, echipamentul tehnic poate fi împărțit în trei clase:

a) cînd omul constituie el însuși sursa energiei, forța motrice, ca și sursa de informație, vorbim despre *unelte*. Omul inserează uneltele între dînsul și obiecte individuale ale naturii și totodată supraveghează rezultatul operațiilor sale.

b) Omul poate pune în mișcare aceste unelte sau anumite sisteme organizate de unelte, folosind surse externe, non-umane, de energie. În aceeași categorie intră *mașinile* care se bazează pe transformarea unei forme de energie în alta.

c) Atunci cînd sarcinile propriu-zis umane în operațiile mașinii sînt înlocuite de către un dispozitiv tehnic, ajungem la un *automat* („capabil" de decizii și de autocontrol, „operînd" pe baza propriilor sale informații).

Tripletul „unealtă — mașină — automat" reprezintă *tipurile* [106] fundamentale ale tehnologiei și, totodată, tipuri istorice distincte. *Practic*, este important să se deosebească sfera *mecanizării*, în care sînt înlocuite actele fizice ale omului, de sfera *automatizării*, în care sînt înlocuite așa-numitele funcții intelectuale (control, decizie, supraveghere). Corespunzător acestui triplet, găsim *trei* tendințe principale în progresul tehnologiei: probleme referitoare la „material" și „materiale"; probleme cu caracter energetic și probleme de schimb de informație.

B) Noi am arătat (încă din 1958) că atît tehnica, cît și biologia sau medicina au considerat succesiv aspectele predominant substanțial-morfologice (plastice), cele energetice — funcționale, cele informațional — reglatorii. Astfel, în medicina științifică, boala a fost mai întîi aproape identificată cu leziunea anatomică; ulterior s-a înregistrat epoca „patologiei funcționale"; în ultimele decenii, în centrul atenției sînt fenomenele de reglare, patologia cortico-viscerală etc.

[106] Aceste tipuri există în formă absolut pură numai în abstracție.

Aceste paralelisme sînt semnificative. Punctul de vedere cibernetic este mai subtil și marchează o nouă etapă în evoluția materialismului (dialectic).

Ideea se reîntîlnește și la G. Klaus : tehnica a pus succesiv accentul pe obținerea și prelucrarea materialelor, pe obținerea și prelucrarea energiei și, în sfîrșit, pe aspectele de reglare și transmitere a informațiilor. El menționează că în unele aparate contemporane (de exemplu unele avioane), dispozitivele electrice și electronice constituie 50—60% din valoarea totală. Autorul ajunge și el să considere paralela între dezvoltarea tehnicii și cea a științelor medico-biologice : de la anatomie la fiziologie (biochimie și bioelectricitate), spre studiul proceselor de reglare [107].

C) După J. Guillaumaud [108], „prima revoluție industrială" s-a caracterizat prin *valorificarea* mașinii cu aburi. Valorificarea surselor de energie existente, căutarea și găsirea a noi surse de energie reprezintă o *cerință* a dezvoltării *mașinilor-unelte* care înlocuiesc *mîna* omului. Calitatea energiei folosite pentru „a anima" aceste unelte nu joacă un rol esențial. Dacă putem vorbi de o „a doua revoluție industrială", aceasta este în legătură cu *automatizarea* industriei (înțeleasă ca o schimbare calitativă), și nu cu construirea de automate [109] : mașina îndeplinește totodată anumite funcții ale creierului [110]. Prima revoluție industrială „ușurează de poveri mușchii omului" (de fapt permite și investiții energetice care ar fi imposibile folosind *numai* mușchii omului); a doua revoluție [111] „ușurează de poveri creierul omului" (de fapt permite și realizarea unor performanțe de prelucrare a informației care ar fi imposibile practic, folosind numai creierul omului). De aci decurg multe consecințe, cum ar fi cele care l-au făcut pe A. Moles (1965) să caracterizeze aceasta a *doua* revoluție drept o „revoluție a preciziei" [112].

D) Faptul că, din punct de vedere marxist, accentul nu trebuie pus pe *calitatea* energiei folosite sau a surselor energetice (mașini termice, electricitate, energie atomică) a fost subliniat și de Valter Roman [113].

Limitarea la *punctul de vedere energetic* în clasificarea realizărilor tehnice poate face să se piardă din vedere, uneori, adevărata semnificație a acestora. De aceea, de exemplu, Neidhardt a propus schimbarea numelui „tehnicii curenților slabi" în „electrotehnică informațională" sau, pe scurt, în „*Informationselektrik*".

Pentru o nouă înțelegere a tehnicii a pledat și F. Russo [114]. După acest autor, dualitatea energetic-informațională cunoaște o *articulare* la nivelul *releelor* — dispozitive ce transpun o comandă de la nivelul de energie slabă, suficientă pentru acțiunea informațională, la nivelul de energie cerut de operațiile tehnologice.

E) G. Klaus [115] observă că în orice mașină sau în orice act tehnic există un aspect de *organizare*, respectiv „informațional". Aspectul informațional — *respectiv*

[107] G. Klaus. *Prefața* la *Neurokybernetik*, 1964, p. 15—16.

[108] *Op. cit.*, p. 92.

[109] Automatele clasice sînt mașini cu programare rigidă.

[110] Cibernetica realizează deci, între altele, înlocuirea creierului (automatica intelectuală, Edm. Nicolau), „amplificarea de inteligență" (Ross Ashby), modelarea creierului, abordarea creierului *ca și cum ar fi* o mașină etc.

[111] Revoluția industrială este corelată cu revoluția științifică-tehnică contemporană (care este și o revoluție a comunicațiilor, și o revoluție a energeticii, și o accelerare a dezvoltării culturii care „solicită" tehnica și pe o altă cale: aceea a *informaticii*).

[112] „Nimic nu caracterizează mai bine epoca noastră ca utilizarea tot mai intensă a mașinilor informaționale", scriu Edm. Nicolau și Al. Popovici (*Algoritmi, automate finite, calculatoare electronice*, București, Editura științifică, 1970, p. 5). Despre caracterele revoluției tehnice actuale, vezi G. Volkov. *Era of man or robot?*, Moscova, 1964; G. N. Volkov. *Sociologia științei*, București, Editura politică, 1969; R. Richta. *Civilizația la răscruce*, București, Editura politică, 1970. Vezi, de asemenea, intervențiile lui V. Roman și V. Săhleanu la discuția publicată în „Lupta de clasă", 1970, nr. 7.

[113] V. Roman. *Revoluția științifică și tehnică și implicațiile ei asupra dezvoltării social-politice contemporane*, București, Editura didactică și pedagogică, 1968.

[114] F. Russo. *Pour une intelligence nouvelle de la technique*, în „Rev. philos. de la France", 1962, nr. 2, p. 245.

[115] G. Klaus. *Cibernetica și societatea*, p. 15 și urm.

de organizare — capătă o importanță crescîndă în dezvoltarea producției. Industria devine tot mai mult o industrie ale cărei produse încorporează o parte de informație în continuă creștere („să comparăm o tonă de fier brut cu o tonă de tranzistoare"); *însemnătatea științei pentru producție* exprimă, de asemenea, însemnătatea componentei informaționale. Și organizarea industriei în cadrul organizării și planificării economiei vădește influența *aspectului informațional*; *știința* economiei ajunge progresiv să exercite o acțiune de reglare și de optimizare a tehnicii. În sfîrșit, „dezvoltarea științei despre informație și organizare are o înrîurire tot mai profundă asupra administrației și statului", care îndrumă activitatea tehnică.

F) Așadar, interacțiunea dintre om și mașină a intrat într-o nouă fază o dată cu apariția mașinilor cibernetice.

Simbioza „om-mașină" presupune o judicioasă diviziune a muncii între sistemele componente [116]. Cum poate fi văzută această diviziune a muncii în cazul în care mașinile sînt ele însele mașini informaționale? S-a preconizat transferarea către mașină a tuturor activităților care se pot efectua automat (respectiv algoritmat), în sarcina omului rămînînd efectuarea raționamentelor euristice, generalizările, inventarea obiectelor ideale etc.

Însă productivitatea muncii omului va depinde, desigur, de măsura în care se va optimiza conectarea omului cu mașina. Problemele specifice sînt informaționale. Volumul de informație pe care-l poate recepționa omul în unitatea de timp este mult inferior aceluia al mașinii; informația mai trebuie codificată corespunzător capacităților de „înțelegere" ale mașinii și capacităților psihosenzoriale ale omului. Psihologia inginerească este astăzi restructurată ținînd seama de rezultatele teoriei informației și se preconizează

[116] Orice tip de diviziune a muncii între aceste sisteme componente are, evident, un caracter istoricește limitat.

examinarea atentă a aspectelor gnoseologice — dar și strategice — ale activității de producție (L. B. Ițelson, 1962; G. Klaus, 1966).

În ce privește *viitorul* mașinilor cibernetice în perspectiva istorică a dezvoltării sistemelor informaționale, G. Boulanger, între alții, anunța o *a treia* revoluție industrială, a mașinilor adaptative, eventual capabile să scape de stăpînirea omului [117]. Această eventualitate este însă improbabilă atîta timp cît mașina rămîne o piesă a unui circuit de comportament uman (L. Goldmann).

FILOZOFIA ISTORIEI ȘI FILOZOFIA INFORMAȚIEI

Istoria *stricto sensu* este istorie umană și istorie socială; ea se articulează (sau este în continuitate) cu acea parte a evoluției biologice în care aspectele informaționale sînt pe primul plan. Comunicația interumană prin *limbă* devine definitorie; cuvîntul introduce în creier „un nou principiu funcțional" (I. P. Pavlov), în psihologie — premisa gîndirii abstracte, iar în grupările pînă atunci *biologice* — un instrument puternic al dezvoltării *sociale*. Am văzut că limba este un „model focal" în știința informației: istoria limbilor a fost privită de către unii autori ca un *model de evoluție*. Istoria face parte, așadar, dintre capitolele principale ale unei *ontologii a legăturilor informaționale*, mai ales dacă privim istoria *culturii* ca o latură semnificativă a istoriei omenirii.

Istoria poate fi privită *cibernetic* (Ducrocq, Klaus), și aceasta din simplul motiv că ea este cîmpul unei complexe *rețele* de influențe, unele dintre ele alcătuind circuite recurente (tip *feed-back*) [118]. Evident că cibernetica istoriei este, între altele, și o cibernetică informațională.

[117] G. Boulanger. *La révolution cybernétique*, în „Revue Internationale de Philosophie", 1963, nr. 64, p. 225.

[118] Despre relația dintre cibernetică și concepția marxistă a istoriei a scris O. Lange.

Istoria *culturii* este strîns legată de dezvoltarea mijloacelor de obținere, acumulare, transmitere, răspîndire, recepționare și prelucrare a informațiilor. Invers, diferitele perioade și stiluri ale civilizației pot fi caracterizate prin modul de manipulare și de propagare a informațiilor, prin dezvoltarea comunicațiilor [119] etc. (vezi mai departe). Istoria mijloacelor de comunicare este *mai mult* decît o secțiune a istoriei tehnicii [120].

Ar fi interesant de cercetat rolul factorilor de comunicație informațională în desfășurarea unor *evenimente* politice sau militare din trecut și evoluția *istorică* a acestui rol.

M. Mc Luhan [121] a plecat de la ipoteza că „societățile au fost modelate mai mult de caracterul specific al mijloacelor prin care comunică oamenii, decît de conținutul comunicării" și a împărțit istoria omenirii în patru mari etape : a) era tribalismului prealfabetic ; b) era scrisului ; c) era tiparului și d) era electronică (în care trăim astăzi). Pentru Mc Luhan, tiparul constituie „prototipul tuturor mașinilor" și a realizat „prima producție în masă". Scrisul — și mai ales tiparul — au influențat *gîndirea*, deoarece omul se supune logicii impuse de mijloacele de comunicare : gîndirea a devenit liniară, secvențială, conferind și vieții o continuitate care poate că uneori nu este decît accidentală. Tiparul a oferit oamenilor „posibilitatea de a gîndi singuri", ceea ce a influențat religia și ideile politice. Pentru

[119] Pe „căile de comunicație" se transportă substanță (de exemplu oameni, minereuri), energie (linii de înaltă tensiune), informație (undele radio). Faptul că în ultimii ani *telecomunicația* a ajuns sinonimă cu *schimbul informațional* este semnificativ pentru *orientarea informațională* a vieții sociale contemporane. Transportul de cărți sau de oameni nu este numai un transport substanțial ; cel de cărbuni este, de fapt, un transport energetic : aspectele „triadei" se întrepătrund.

[120] Progresul științific-tehnic poate fi analizat și el după „triadă" : substanțial (de exemplu, numărul speciilor chimice cunoscute și sintetizate), energetic (cunoașterea, eliberarea și stăpînirea diferitelor forme de energie), informațional.

[121] *The Gutenberg Galaxy* (1962) ; *Understanding media* (1964) etc.

autor, telegraful este un „hormon social". Noile mijloace de comunicare au transformat lumea într-un „stat global", cosmopolit. Televiziunea, care ne prezintă imagini, ne întoarce la un „mod tribal de percepție", sau cel puțin ne eliberează de sclavia gîndirii secvențiale. Pe scurt, Mc Luhan studiază influența mijloacelor de comunicație asupra civilizațiilor. S-a spus că el este un adept al „determinismului tehnologic", ceea ce este adevărat numai în parte [122].

Menționăm că ideea de a împărți istoria după criterii informaționale are o lungă tradiție. Condorcet (1794) folosește invenția alfabetului și invenția tiparului ca momente de separație a unor stadii de civilizație (din cele zece pe care le cuprinde sistemul său). În același spirit, L. de Bonald (1800) deosebește în istorie numai trei epoci : a viului grai, a gîndului scris și a gîndului imprimat. P. S. Ballanche (1818) acceptă aceeași diviziune. Dar cel care a reelaborat în spirit modern aceste idei este Erasmus Majewski [123]. Omul este definit prin aceea că *vorbește*, limbajul este „legătura socială prin excelență" ; omul care scrie și tipărește este omul care și-a adîncit trăsăturile sale distinctive ; *scrisul* este cel care creează între om și animal o prăpastie de netrecut [124]. Majewski subliniază că vorbirea este o activitate complimentară și paralelă funcției *industriale* a omului. În scris, ca și în unealtă, obiectele neînsuflețite sînt pătrunse de „principiul socializant" al gîndirii (comunicabile). Pe de altă parte, semnele optice fixate prin scris și tipar sînt „provizii interpsihice devenite durabile" ; pe ele se clădește civilizația modernă, ca o „suprapunere" și o „acumulare" a

[122] A. Adania. *Profetul erei electronice*. în „Contemporanul", 1969, nr. 3 (1 162), p. 2 ; M. Malița. *Mc Luhan și viitorul*. în „Contemporanul", 1970, nr. 29 (1 236), p. 8.

[123] *La science de la civilisation* (1908), *La théorie de l'homme et de la civilisation* (1911).

[124] Am spune că scrisul conturează un subunivers semiotic *sui-generis*.

produselor trecutului [125]. Forța care lucrează într-o mașină este „o gîndire socială care subjugă formele elementare ale energiei" [126].

De fapt, în caracterizarea etapelor culturii și civilizației se pot introduce criterii *informaționale*, pe lîngă cele substanțiale, energetice și „morfologice" (unelte, construcții, opere de artă etc.). Epoca noastră poate fi definită, din punct de vedere „substanțial", de exemplu, prin performanțele industriei chimice de sinteză; din punct de vedere energetic, prin mulțimea de hidrocentrale și termocentrale care „produc" energie electrică și, mai ales, prin descătușarea energiei atomice; din punct de vedere informațional, prin telecomunicațiile radio, prin mașinile electronice de calcul („automatica intelectuală"), prin biblioteci de milioane de volume și prin cele peste 100 000 de periodice care exprimă și susțin activitatea intelectuală a omenirii [127].

Este îndeobște cunoscut faptul că „explozia informațională" pare mai greu de stăpînit decît „explozia demografică". O problemă acută este folosirea judicioasă a „depozitelor de informații" care sînt bibliotecile, serviciile de documentare etc. (memoria „exterioară"). Problema constă în utilizarea în chip de *cunoaștere*, la nivel de individ specializat, a masei de cunoștințe pe care o deține *omenirea*.

[125] La E. Majewski mai întîlnim analogia între carte și „structura ascunsă a unei celule generatoare"; observația după care cuvîntul imprimat dobîndește o proprietate pe care n-o posedă *nici energiile* fizice: se răspîndește indefinit fără să se epuizeze (se propagă ca „fermentul", se „multiplică").

[126] Cf. E. Sperantia. *Introducere în sociologie*, vol. I, București, Editura „Casa școalelor", 1944, p. 41, 102, 104, 411—413.

[127] M. Maliță (*Cronica anului 2000*, p. 26 și urm.) definește „spațiul informațional" al omenirii și descrie caracteristicile sale actuale și cele care se întrevăd într-un viitor apropiat. De altfel este definitoriu și ritmul de dezvoltare al unui sector tehnic. În timp ce viteza maximă a vehiculelor conduse de om s-a amplificat în 20 de ani de 40 de ori, cantitatea de informație transmisibilă pe un canal s-a înmulțit în aceeași perioadă de timp cu 1 000, iar capacitatea ordinatoarelor s-a mărit de o mie de ori la fiecare 10 ani (*op. cit.*, 56). Indicii cantitativi ai circulației informației pot caracteriza o epocă istorică (*op. cit.*, p. 191).

Specialistul viitorului (și nu numai cercetătorul științific) trebuie să fie pregătit pentru *a-și putea conecta (în mod optim) propriul instrument de gîndire (creierul) la instrumentele informaționale (vii — umane — sau tehnice) ale societății.*

INFORMAȚIA SOCIALĂ, ECONOMIA ȘI ȘTIINȚA CONDUCERII

În perspectiva teoriei sistemelor, noțiunea de „informație" joacă un rol tot mai însemnat în lucrările recente privitoare la societate, economie, conducere. Aceste lucrări sînt în parte superpozabile peste lucrările de cibernetică socială sau economică.

A) În schemele *sistemice* ale societății, se vorbește despre *intrări* care pot fi: materiale, energie, informații, concepte, — și despre *ieșiri* care sînt produsele, ca și „atingerea obiectivelor majore ale societății" (M. Drăgănescu). Tratarea analogică cu sistemele mecanice permite să deosebim: forțe interne sociale, rezistențe sociale, inerție socială, energie socială, restricție socială. Terminologia propusă mai include *generanța* socială, bucla socială de reacție, funcția de investiție socială etc. Însușirile sistemice specifice ale sistemelor sociale sînt: informație, feed-back, autoreglare (H. Ene); teleonomie, ierarhie, *rețea* cauzală, rețea de fluxuri informaționale cu propagare verticală (de sus în jos și de jos în sus) și orizontală, integrare, memorie, evoluție antientropică, decizie și responsabilitate, optimizare, autonomie (Săhleanu).

B) În schemele de *structură a acțiunii sociale*, „relația informațională" este privită ca un segment al unui proces cognitiv și ca premisă a relației praxiologice. Se face deosebirea între relația gnoseologică (subiect-obiect), relația ontologică (dintre existență și natura umană) și relația praxiologică, insistîndu-se asupra interacțiunilor de tip conexiune inversă. Considerațiile țintesc analiza motivării praxiologice a previziunii sociale (I. Tudosescu).

C) În schemele *ontologice* ale societății, mărirea cantității de informație este văzută ca o *condiție sine qua non* a menținerii sistemelor dinamice complexe, într-o lume cu tensiune entropică; de asemenea este demonstrată necesitatea coordonării centrale prin reglare informațională și a autoreglării adaptative a subsistemelor (autoconducere), păstrînd valorile de comandă ale sistemului supraordonat (Ene).

D) Problema „echilibrului" și „stabilizării" sistemelor sociale este reexaminată din punctul de vedere al ciberneticii și al reglărilor informaționale. Depășirea necesară a fetișizării „homeostaziei", explicarea ciclurilor economice și de criză prin autoreglări oarbe, noțiunile de sistem ultrastabil și multistabil, de sistem autoorganizabil etc., modelele teoriei jocurilor sînt temele principale ale dezbaterilor.

E) „Informația socială" a fost descompusă în variante cum ar fi: *informația informativă* (comunicativă), care aduce o știre; *informația de comandă*, care produce o acțiune; *informația organizatoare*, care determină o punere în ordine specifică; *informația recurentă*, care asigură eficacitatea acțiunii și intervine în autoreglarea antihazard; gnosinformația etc. Pentru cercetarea concretă a deficiențelor funcționale și pentru asigurarea evoluției sistemelor, este necesară analiza detaliată a transmisiei, compactării, selectării etc. informației comunicative.

F) Apariția ordinatoarelor și a informaticii este privită ca o „revoluție informatică" ce nu este identică și nici echivalentă cu revoluția în sfera forțelor de producție (M. Drăgănescu). Informatica este definită ca știința prelucrării extracerebrale, raționale, a informației. *Informatica societății* este divizată provizoriu în capitolele: economică, a populației, a teritoriului, documentară; informatica populației este la rîndul ei divizată în: medicală, educațională, juridică, social-politică.

G) Reexaminarea problemei conducerii și a deciziilor în cadrul „revoluției informatice" este necesară

pentru a optimiza folosirea calculatoarelor. Dintr-o perspectivă mai largă, rolul deosebit acordat informației rezultă din implicațiile sale decizionale.

H) *O știință a conducerii societății socialiste* trebuie să fie, în ansamblul ei, o *știință operațională* (P. Apostol) [128].

I) Omul social este, în primul rînd, un *Homo informationalis*. Omul informațional [129] este și un *Homo algoritmicus:* creator și utilizator de algoritmi.

CONCEPȚIA LUI K. W. DEUTSCH

Karl W. Deutsch, sociolog, economist și politolog, este interesat în primul rînd de perspectivele pe care le aduc cibernetica și teoria informației în cercetarea fenomenelor sociale, istorice și spirituale [130]. *Abordarea cibernetică* i se pare, în aceste domenii, superioară căilor „clasice" de abordare, care foloseau modele mecanismice, organismice sau inspirate din istorie. Modelul mecanic (care presupune elemente constante asamblate reversibil) permite analize exacte și cantitative, dar

---

[128] Din bibliografia referitoare la acest subiect, menționăm: Manea Mănescu, *Considerații privind aplicarea principiilor cibernetice*, în vol. *Contribuții la dezbaterea problemelor teoretice ale economiei socialiste*, București, Editura politică, 1969; V. A. Trapeznikov, *Reglare, economie, procese tehnologice*, „Automatică-Metodologie-Calculatoare", vol. 9, 1967, p. 137; V. Săhleanu, *Cibernetica și unele probleme filozofice ale științelor naturii și societății*, în vol. *Dialectica cunoașterii științifice*, Editura Academiei, 1962, p. 215—280; M. Demetrescu, *Entropia, informația și controlul informației în economie*, „Revista de statistică", 1969, nr. 11, p. 88. De asemenea recomandăm volumul *Știința conducerii societății. Studii*, București, Editura politică, 1971 (îndeosebi contribuțiile semnate de P. Apostol, M. Drăgănescu, H. Ene, I. Iliescu, V. Săhleanu, I. Tudosescu).

[129] Cf. E. Nicolau, *Omul informațional*, Ed. Junimea, Iași, 1971.

[130] În sociologie și politologie menționăm abordări de pe platforma teoriei sistemelor (D. Easton, 1964), a ciberneticii (D. Senghaas, 1965), a teoriei comunicațiilor (R. L. Meier, 1962; L. W. Pye, 1963), a teoriei deciziilor (L. Festinger, 1964; R. C. Snyder, 1962), a teoriei jocurilor (A. Rapoport, 1960; M. Shubik, 1954), a teoriei învățării (J. B. Wiesner, 1965).

numai modelul organismului ține seama de totalitate, interrelații, diferențiere, creștere, evoluție, ireversibilitate. Totuși, într-un asemenea model nu este loc pentru alegere, decizie, conștiință. Modelele istorice (în care este vorba de dialog, de conflict, de progres) dau socoteală de orientări, de schimbări calitative, dar sînt refractare cercetării cantitative. Modelele cibernetice se axează pe comunicare și pe autoreglare; dar autoreglarea este privită atît ca autoconservare, cît și ca autolărgire și autotransformare. Ele sînt apte de a duce la considerații cantitative și sugerează indicatori numerici ai proceselor modelate. Pe scurt, ele au corolare operaționale.

K. Deutsch nu înglobează printre modelele cibernetice pe cele inspirate de teoria jocurilor (J. v. Neumann, O. Morgenstern), deși ele se construiesc cu „ingrediente" comune: informație, probabilitate, alegere, decizie. Motivul principal este caracterul *static* al premiselor teoriei; K. Deutsch este interesat mai ales de dinamică, de creștere, înnoire, inovație. Fundamental i se pare conceptul de *rețea autoreglabilă de comunicații*, rețeaua capabilă de *a învăța*.

Un *Betrachtungsweise* cibernetic impune o „deplasare de accent" în cîmpul cunoștințelor noastre, care are valoarea celor datorite lui Lavoisier sau lui Darwin. Transmisia de informație este o transmitere de *pattern* structural al relației dintre evenimente (și nu de materie sau de energie în cantități apreciabile)[131]. Informația este un invariant, este totalitatea particularităților comune tuturor descrierilor proceselor fizice prin care ea a fost transmisă. Ea are realitate materială, se lasă „tratată" *numai* după metode fizice și *nu* este condiționată întotdeauna de prezența observatorului uman. Ea poate fi creată (dar nu *ex nihilo*), poate fi distrusă (dar nu nimicită). De clasica „formă" se deosebește prin aceea că se poate descompune în unități discrete.

[131] Eficacitatea informației depinde de starea de echilibru *nestabil* din unele părți ale receptorilor. Informația *eliberează* energie, iar energia produce transformări.

Caracterul „fizic" al informației este o premisă pentru reconsiderarea cibernetică a *conștiinței*. Prin acest termen s-ar putea înțelege un *feed-back* care se ocupă cu controlul seriilor de date din interiorul sistemului; ea operează cu informații (simboluri) *secundare*, care se referă deci la modificările din părțile sistemului. Pentru a înțelege pragmatic ce înseamnă conștiința *psihologică* a individului, este util să analizăm autocontrolul organizațiilor sociale. Conștiința confruntă, evaluează, apreciază, duce la decizii. Valorificarea preferențială a unor informații, cu excluderea altora inoportune, ar putea atunci caracteriza „voința".

K. Deutsch se oprește asupra finalității (teleonomiei) intrinseci sistemelor cibernetice și vorbește de o *stratificare a finalităților*. În afară de „gratificare" (adaptare, recompensă), care înseamnă scăderea dezechilibrului intern, avem de urmărit reacțiile cu rol în autoconservarea rețelei, în autoconservarea *întregului grup* de rețele similare (de exemplu specia sau societatea), în conservarea *tendinței* la determinare teleonomică (deci a vieții, a spiritului, a „ordinii" lumii).

După cum subliniam la începutul acestei prezentări, K. Deutsch este preocupat de sistemele funcționale sociale. Analiza cibernetică-informațională pe care o întreprinde urmărește indicațiile școlii funcționaliste a lui Talcott Parsons (care deosebește patru obiective majore: menținerea configurației, adaptare, integrare, atingerea țelurilor). Influențat totodată de A. Toynbee, K. Deutsch acordă mare însemnătate autodeterminării, dar și înnoirii, inițiativei, creativității. Noul se naște prin recombinarea unor elemente memorizate. Prin spirit *(mind, Geist)* autorul înțelege un proces autoîntreținut, *fizic*, care duce la creație și înnoire în sectorul informațional. Este un *pattern* structural al fluxului de informație, și nu ansamblul canalelor de comunicare și al dispozitivelor de memorizare. *Valorile* constituie elemente logice ale lumii spiritului. S-ar mai putea spune că valorile sînt elemente tactice în strategia spiritului. Activitatea spiritului este în mare parte consacrată stabilirii de relații între evenimente și *semnificații*.

Un sistem poate fi „conturat" informațional după calitatea și repartiția spațială a fluxului de informații. De exemplu, un popor este o comunitate cu *anumite* obiceiuri de comunicare socială. La limita unei organizări se notează o „cădere" comunicațională. În interiorul sistemelor se petrece o competiție pentru canale, cu primejdia unor tulburări prin supraîncărcarea lor. *Auto-nomia* este compensarea a două circuite, unul cu date despre trecut și altul cu date despre comportarea actuală în ambianță. O decompensare poate dezagrega sistemul sau poate greva *evoluția* sistemului. Disfuncții mai apar prin supraevaluarea informațiilor endogene : a cunoscutului (față de nou); a structurii (a organizării) față de funcție.

În interiorul sistemelor găsim neomogenități informaționale : zonele de decizii pot fi concentrate, ceea ce crește vulnerabilitatea sistemului. Pentru K. W. Deutsch, politica se ocupă cu deciziile vieții sociale. Obiectivul de bază al politicii trebuie să fie *asigurarea autodezvoltării, accelerarea procesului de învățare și de inovare socială.*

Punctul de vedere cibernetic-evoluționist ne permite să clasificăm sistemele în patru categorii : cele care se autodistrug; cele neviabile; cele viabile; cele capabile de autodezvoltare. Ultimele nu se autodezvoltă în orice condiții. Analiza cibernetică poate indica *acele* condiții care sînt necesare autolărgirii și progresului, ca și criteriile acestuia din urmă. Criteriile progresului includ remanieri, simplificări, dezvoltarea comportamentului integrativ etc. Printre ele se găsește și trecerea de la mijloace „fizice" la operații cu simboluri. Ca atare, ponderea crescută a elementului informațional este un indice și o verigă esențială a progresului [132].

ANTICIPĂRI ȘI „FUTUROLOGIE"

Anticipările pot fi extrapolări ale unui proces în desfășurare inevitabilă, însă sînt și „semnale de alarmă" privitoare la consecințele sociale ale căilor pe care omenirea și le alege pentru evoluția sa [133].

Marea majoritate a anticipărilor descriu o formidabilă complicare și creștere a universului informațional [134]. Desigur, *automatica intelectuală* va fi chemată să soluționeze, în parte, problemele ridicate de „explozia de informație". Se prevede — nu prea tîrziu (1990—2020) — interacțiunea electromecanică între creier și calculator. I. Asimov consideră că o contribuție *sintetizatoare* va reveni (cu necesitate) și minții omenești; el întrevede apariția unor „profesioniști" ai acestor operații, de sinteză mai mult sau mai puțin creatoare [135].

Stanislaw Lem a introdus în cartea sa *Summa technologiae* (1964) ideea „incubatorului de informații" : o metodă de automatizare a activității de cunoaștere. Informațiile ar putea fi adunate și selecționate de sisteme materiale capabile de autoorganizare; Lem preconizează sisteme care să semene cu cele care dirijează ereditatea.

I. Efremov meditează asupra transformării psihofiziologiei omului viitorului. S-ar putea dezvolta un „al treilea sistem de semnalizare" — transmiterea gîndurilor fără ajutorul cuvintelor; va apărea un limbaj comun... [136].

G. Gor este preocupat de problema transmiterii, peste spațiile cosmice și perioadele geologice, a achizițiilor culturale. Roboții cu un înalt grad de organizare, stocînd datele în uriașa lor memorie — și al căror sistem informațional este descifrat după milenii — ar putea fi o „soluție".

[132] K. W. Deutsch. *The Nerves of Government : Models of Political Communication and Control*, New York, Glencoe, 1963 ; K. W. Deutsch. *Politische Kybernetik, Modelle und Perspektiven*, Freiburg, Rombach, 1969.

[133] I. Asimov, citat în I. Hobana. *Viitorul ? Atenție !*, București, Editura tineretului, 1968, p. 43.

[134] Vezi și M. Maliță. *Cronica anului 2000*, p. 76, 113, 194 ș.a. Pentru anul 1984, vezi volumul colectiv *Lumea peste două decenii*, București, Editura științifică, 1968, p. 168—181.

[135] Într-o anumită măsură, prezenta lucrare despre *Știința și filozofia informației* răspunde acestui deziderat, fiind o expunere informativă despre informație.

[136] Vezi și E. V. Däniken. *Amintiri despre viitor*, București, Editura politică, 1970, p. 157 și urm.

SECȚIUNEA A IV-A

PROBLEME ȘI CONCEPȚII GENERALE

CONCEPȚIA LUI CORNEL SIMOI

C. Simoi [1] și-a propus să elaboreze o amplă *Cibernetică naturală*, care să cuprindă studiul unor procese neconservative sub aspect fenomenologic și care nu sînt cauzal-simetrice, avînd „sens" (comandă—comandat), ierarhie cauzală, amplificare etc. Legile specifice sînt structurale și conjunctural—*condiționale* (dacă *A*, atunci *B*). Fenomenele sînt microenergetice cu o formă distinctă. „Cibernetica naturală" (CN) *nu* este o extensiune a ciberneticii tehnice, ci o știință a fenomenelor biologice, psihologice, sociale; de biologie, de pildă, se deosebește prin aceea că modalitatea de abordare este funcțională (suportul substanțial fiind în mod deliberat neglijat). Procedeele folosite de CN sînt împrumutate din științele exacte, dar problematica este extrasă mai ales din domeniul științelor umaniste. Aci CN extinde aplicabilitatea unor legi și principii *ilustrate* de către procesele biologice (nu este deci o „biologizare").

Autorul deosebește mai multe feluri de sisteme:

a) cinematele sînt sisteme în care legăturile cauzale (*rețele* cauzale cu noduri și ochiuri) sînt stabile. Structura este definită ca un ansamblu organizat de suporți;

[1] C. Simoi. *Cibernetică naturală: I. Fenomenologie; II. Informatică naturală* (1967—1968, manuscris). (Preocupările autorului datează din 1945.)

b) automatele sînt sisteme în care schema de funcționare se modifică sub acțiunea pulsurilor cauzale (pulsuri de regim sau funcționale; comenzi; pulsuri cu efecte reglatoare sau comutatoare);

c) structuromatele sînt sisteme în care suportul se formează pe măsura activității (care își construiesc singure suportul).

Pentru a exprima *cantitatea de fenomen*, C. Simoi este obligat să introducă noțiunea de *ergie*, mărime de stare aditivă, dar nu conservativă (pot interveni surse proprii de energie în urma declanșărilor sau a amorsărilor). Energia este capacitatea de a produce lucru mecanic; transportul de *ergie* definește transmiterea pulsului într-un lanț cauzal. *Feed-back*-ul pozitiv este privit ca o autoinducție ergică. Cinematele interesante pentru cibernetică sînt amplificatoare, colectoare, multiplicatoare, transductoare, înregistratoare, selectoare, separatoare, traductoare etc. „Modelul" este un puls care se transformă în altul izomorf. Cît despre automate, procesul cel mai tipic este ciclic, cuprinzînd o investigație și o acțiune. Pentru studiul sistemelor automate este necesar să se introducă concepte de *criteriu* și *valoare*. Programul de activitate fenomenologică va fi numit *goritm* (algoritm, morfogoritm etc.).

Alături de entropia termodinamică, autorul ia în considerare o *entropie ergică* definită prin raportul dintre numărul real de tipuri și numărul maxim de tipuri posibile. Diferențierea morfică naturală este un proces „ergic entropic"; cristalizarea este un proces antientropic-ergic și entropic-energetic. Pentru „ergonii" naturali capabili de reproducere și înmulțire, C. Simoi definește *tropia* ca un potențial criterial de maxim, ca măsură a viabilității și a capacității de dezvoltare. Selecția naturală generează sensul tropic natural. Dacă pe nivelul energetic domină conservarea și pe cel ergic amplificarea, pe cel tropic domină organizarea. Ergonii caracteristici sînt bioergonii; sistemele tehnice (tehnoergonii) sînt „pseudoergoni".

Informație este orice semnal cauzal, activ sau latent, capabil să producă efecte într-un sistem dat.

Este deci un puls cinematic cu cuprins ergic propriu minimal și care are o semnificație dată de „formă" (de configurația elementelor sale), dar care are și o parte de „steril". *Informatica* este o microfenomenologie, dar informația se poate insera în circuite cauzale datorită unor corelații de natură condițională sau chiar *convențională.* La o informație se pot deosebi *parametri valorici:* conținut (componentele configurației care reprezintă semnificația), sferă (exemplarele pentru care informația e reprezentativă) și valoarea informativă (contribuția la transformare, la evoluția sistemului sau rezultatul unei competiții, unei selecții). Dar valoarea informativă este la rîndul ei un produs de trei factori : veridicitate (conformism față de obiect), definiție (măsura în care o informație permite să i se distingă obiectul), necesitate (corespondența la criteriul unei cerințe). Informațiile gîndirii umane, analizate din unghiul veridicității și al definiției, sînt obiectul de studiu al logicii; din unghiul necesităților (trebuințelor) afective sînt obiectul „esteticii"; aspectul selecției în vederea acțiunii este de resortul „eticii". Se poate vorbi despre *valori logice* complementare *valorilor lirice* și care se amestecă în gîndirea reală, cu compensări reciproce. *Valoarea voluntară* ține de asemenea de un criteriu de selecție mixt (logic + afectiv). Ea este prezumtivă (ține de o probabilitate apreciată subiectiv). Firește că în cadrul cercetării ample a proceselor psihice, estetice, etice, autorul ajunge să diferențieze numeroase „specii" de informație: de reflecție, intențională, structurală, investigațională, lirică, determinativă etc. Pretutindeni se întrevede căutarea unor „explicații" ale proceselor prin criterii de maximizare.

CONCEPȚIA LUI A. MOLES

Pentru A. Moles comunicarea este, bineînțeles, materială; transportul care se realizează în comunicare este un transport de *complexitate*, și nu de semnificație. Semnificația se bazează pe un ansamblu de convenții (sau pe o adecvare. — *V.S.*) *a priori;* ea preexistă potențial mesajului. Complexitatea însă e imprevizibilă, iar măsura informației nu constă nici în numărul de simboluri transportate, nici în răsunetul eficace al acestor simboluri, ci în *originalitatea* grupării acestora, opusă *banalității* previzibilului. Astfel, *originalitatea* e plasată printre valorile fundamentale ale teoriei [2].

Studiind procesul psihologic al percepției formei, A. Moles ajunge să opună originalitatea *inteligibilității.* Numai formele *(Gestalten)* sînt inteligibile, iar ele reduc imprevizibilitatea, deci originalitatea. Inteligibilitatea este „un sinonim operațional al banalității în cadrul mesajului".

Printre *formele* care reduc originalitatea, „făcînd mesajul asimilabil", unele au un caracter permanent : ele sînt normalizabile și omologabile, sînt *simbolurile* ce corespund unor „convenții conservate în memoria individului". Altele n-au decît un caracter aleatoriu, apropiat, și ne permit cel mult un pronostic asupra viitorului, pornind de la starea sa trecută și prezentă. Ele se exprimă prin reguli de structură; printre ele se numără periodicitatea (în timp sau în spațiu) [3].

Simbolurile și regulile formei restrîng repertoriul de elemente primitive, sporind redundanța acestora, și astfel aduc un aport însemnat la cunoașterea structurii mesajului. Determinarea acestor „structuri subordonate succesiv" cu legile și repertoriile lor ar trebui să constituie obiectul unei „fizici a mesajului".

A. Moles este interesat în special de *mesajul artistic (estetic)*, iar cel mai tipic exemplu al mesajului artistic real este — după autor — mesajul muzical. Există două structurări distincte și simultane ale elementelor

[2] A. Moles. *Théorie de l'information et perception esthétique*, Paris, Flammarion, 1958, p. 196. Vezi și în V. Nemoianu. *Structuralismul*, București, E.L.U., 1967, p. 141 și urm., textul tradus al capitolului concluziv.

[3] Desigur, periodicitatea *în sens fizic*, de exemplu cea a unui sunet audibil, este ignorată *ca atare* de către percepție; ea este percepută ca o calitate a substanței sonore — înălțimea etc.

psihofizice furnizate de către mesaj, deci două *mesaje* parțiale : semantic și estetic, ultimul fiind „intraductibil". În mesajul muzical, partea sa semantică este foarte structurată și deci „transmite o informație slabă" (notații muzicale); partea estetică transmite „o informație extrem de bogată care, în general, *submerge* individul receptor".

Complexitatea foarte „mare" a mesajelor artistice de calitate (bogăția sa) obligă subiectul receptor s-o *epuizeze* prin reprezentări succesive. Repetarea (necesară pentru a asigura inteligibilitatea) „diminuează progresiv măsura informației".

Materialitatea comunicării înseamnă că aceasta (comunicarea) trebuie să se supună legilor fundamentale ale fizicii obiectului respectiv : *aproximația* realizată de cantificarea pragurilor perceptive; distrugerea realizată de *zgomotul* care aduce incertitudine în mesaj. Zgomotul constituie ecranul de *fond* pe care percepem „mesajele" universului înconjurător. Acestea trebuie să se detașeze suficient (de fond) pentru a se impune percepției noastre. Agitația perpetuă și dezordonată a acestui fond atrage după sine *principii de incertitudine* care joacă, în cadrul percepției, un rol analog principiului de incertitudine al lui Heisenberg în domeniul lumii materiale [4].

A. Moles crede că teoria informației este „o mare teorie" (în sens epistemologic !) a raporturilor dintre *om* și lume, căci este centrată pe existența unui observator specific uman [5]. Prin aceasta (printre altele) ea se deosebește de teoria relativității, în care *observatorul este abstract.*

Teoria informației este — pentru acest autor — o teorie *structuralistă.* Ea propune o *metodă* structuralistă, ale cărei elemente principale sînt următoarele :

a) definirea unei situații cu emițător, receptor, canal și a unui nivel de observație;

[4] Principii de *complementaritate* au mai fost semnalate și în cadrul informaticii (A. Avramescu ș.a.).

[5] A. Moles, în vol. colectiv *Le concept d'information dans la science contemporaine,* Paris, Gauthier-Villars, 1965, p. 202.

b) cercetarea naturii semnalelor și semnelor (repertoriu);

c) statistica semnelor (cu determinarea probabilității fiecăreia dintre ele) ca bază pentru evaluarea cantitativă a informației sau complexității;

d) determinarea redundanței [6] furnizează măsura *formelor* transmise și a inteligibilității;

e) enunțarea legilor de „asamblaj" (cod, structură);

f) analiza modalității de a trece la alt nivel (de exemplu la nivelul *psihologic*).

Pregnanța formelor se măsoară prin cantitatea de redundanță. Rezistența la zgomot e dată de pregnanță. *Există un nivel optim de redundanță.* Cu cît forma este mai simplă (redundantă sau previzibilă), cu atît sîntem mai capabili să o detectăm. Într-un mesaj putem deosebi două aspecte : a) cel de contrast (de care depinde detectabilitatea); b) cel de formă (de care depinde previzibilitatea : periodicitatea este un element de formă).

După A. Moles, *formă* este tot „ceea ce nu pare a fi un rezultat exclusiv al hazardului". *Informația* este atunci un aport de elemente originale necesare pentru a se naște o formă în mintea receptorului, plecînd de la ceea ce prevede în mesaj.

Autorul pornește, așadar, de la o „teorie informativă (informațională) a percepției", pe care o aplică mai întîi în estetică (vezi mai sus), dar care poate fi extinsă „epistemologic" (la orice cunoaștere). Se poate întemeia astfel o *epistemologie statistică.* Însă Moles propune și o *dialectică a ordinii și a dezordinii.*

În lumina teoriei informației se conturează următoarele opoziții (dialectice) : ordine-dezordine, banal-original, previzibil-imprevizibil, redundant-informativ, inteligibil-nou, simplu-complex.

★

A. Moles propune o serie de metode de *estetică experimentală,* inspirate de considerațiile informaționale : rezistența efectului la distorsiuni, zgomote, transpunerea mesajelor etc.

[6] Redundanța este înțeleasă în context ca măsură a legăturilor interne, a „constrîngerilor".

PUNCTUL DE VEDERE AL LUI H. LABORIT

Pentru acest fiziopatolog și chirurg, care a ajuns la o îndrăzneață abordare a problemelor care privesc destinul omenirii, *entropiei*, privită ca expresie a dezordinii, i se opune *negentropia*, expresie a unei ordini crescătoare, dinamice. Viața este un fenomen ordonat, semnificativ prin structurare. O structură poate fi mai ordonată și mai semnificativă decît alta, ceea ce permite „să cantificăm calitativul". Ceea ce este bun, frumos, util etc. se poate raporta la această scară, cu singura observație (dialectică !) după care o destructurare trecătoare (o dezordine „frumoasă") este uneori necesară pentru progresul ordinii. Acest principiu fundamentează o *estetică*, știință a relațiilor (și nu o *morală*, întotdeauna utilitară, expresie a unui egoism social mai mult sau mai puțin îngust). Estetica este deci înțeleasă ca o cercetare a structurilor. Cercetarea și utilizarea relațiilor face eficace acțiunea. Dar a fi *eficace* este totuna cu a urmări o armonizare progresivă, „a acorda acțiunile la structura lumii", a pregăti viitorul, iar nu a căuta rentabilitatea imediată. De pe această platformă, H. Laborit respinge judecățile de valoare legate de prejudecățile utilitare și afirmă că sîntem răspunzători pentru îmbogățirea structurilor noastre. „Negentropie, ordine și structurare dinamică, cibernetică și informație — iată cadrele științifice ale comportării omului de mîine" [7].

SINTEZA LUI O.D. DUNCAN

O. D. Duncan își propune să cerceteze relațiile dintre ecologia umană și sociologie [8]. Procesele bazale din ecosisteme pot fi privite din trei puncte de vedere. Spre deosebire de materiale (substanțe), energia și

[7] *Biologie et structure*, Paris, Gallimard, 1968, p. 31.

[8] *Social organization and the ecosystem*, în E.L. Paris *(ed.) Handbook of Modern Sociology*, Chicago, Mc. Nally, 1966, p. 36 și urm.

informația (alte două „comodități") alcătuiesc *fluxuri* necirculare. Energia este supusă principiului al doilea al termodinamicii; de aceea este mereu nevoie de aport energetic proaspăt. Numai materialele și energia ascultă de legea conservării. Informația cuprinde, între altele, „instrucțiile" privind cheltuirea energiei și menținerea structurii. Chiar și cea mai simplă ființă este o structură ce captează și *organizează informația* (Boulding, 1961). Între cele trei clase de „materii prime" ale ecosistemelor (care, după Siegel, 1960, sînt totodată și materii prime ale economiei și tehnologiei) se pot stabili unele paralelisme. Tendința „antientropică" de acumulare a informației este continuă și nu are limite. Extragerea informației din mediu de către un animal nu împietează asupra extragerii informației de către altul (contrar a ceea ce se întîmplă în sectorul substanței sau al energiei). O creștere a informației o dată cu evoluția se manifestă și prin creșterea în „complexitate a instrucțiunilor genetice" (Medawar, 1961), prin apariția „învățării" și a transferului de experiență (ereditate exosomatică, după Lotka, 1945 — prelungită în evoluția culturală — și care reprezintă o veritabilă „ereditate a caracterelor dobîndite").

Expansiunea ecologică a omului s-a petrecut pe baza acumulării conținutului cultural, care înseamnă progres în controlul fluxurilor de materiale, energie și informație. Autorul arată că „revoluția industrială" se referă în măsură comparabilă la toate trei sectoare. În orice caz, revoluția „aburului" a fost pregătită de schimbări în tehnologia materialelor, ca și de apariția tiparului.

Date statistice arată că în S.U.A., între 1850 și 1950, populația a crescut de 6,5 ori, dar producția de energie a crescut de 10 ori mai mult. Creșterea industriei de informație a fost însă, în ultima vreme, de 2,5 ori mai rapidă decît în restul industriei.

Bineînțeles că emergența industrializării a dus la o evoluție specifică a mediului, la o modificare sau la o deteriorare a ecosistemului. Creșterea populației umane a globului reflectă progresele tehnologiei. Acum

un milion de ani, omul creator de unelte a atins numărul de cîteva milioane. Acum zece mii de ani, dezvoltarea producției de alimente a permis o creștere pînă la cîteva sute de milioane. Miliardele de oameni sînt efectul „revoluției industriale".

DISTINCȚIILE LUI P. CARAVIA

P. Caravia[9] pornește de la ideea că informația este o „necesitate vitală" (J. R. Platt, în 1959, o enumeră printre nevoile fundamentale ale omului, alături de aer, apă, hrană și adăpost). Este o nevoie a creierului [10] (prelucrarea informației fiind o condiție de întreținere a echilibrului mental); este forma de bază a „nutriției psihice" (A. Gehlen, 1957, și R. Behrendt, 1962); este condiția unei acțiuni eficace, a vieții active (N. Wiener), a existenței și dezvoltării „organismului" social.

P. Caravia leagă informația de comunicație (și comunicația este o nevoie imperioasă a omului!) și admite că informațiile organizează comportamentul mental, afectiv și acțional al indivizilor și al grupelor umane.

Elementele de conținut ale informațiilor sînt *valorile semantice*. Transpunerea lor în *termeni comunicabili* (codificarea) este actul esențial al procesului informațional. Fixate pe suporturi adecvate, se constituie mesajele. O cunoștință devine informație dacă e intrată în sistemul de transfer și transcrisă în limbaj adecvat recepționării. Cunoștința este însă informație virtuală. Pentru că aceeași cunoștință poate fi prezentată într-o multitudine de forme comunicabile,

[9] P. Caravia. *Cultura ca problemă informațională*, în *Psihosociologia culturii de masă*, București, Editura științifică, 1968, p. 259. Vezi și comunicarea publicată în *International Forum on Informatics*, vol. II, Moscow, 1969, p. 25—63.

[10] Informația necesară creierului este „fluxul continuu de stimuli noi, nepredictibili, non-redundanți, surprinzători".

„sfera informației este mai extinsă decît cea a cunoștințelor". Gradul de dezvoltare tehnică și culturală își imprimă pecetea asupra opțiunii suportului și structurii mesajului.

P. Caravia găsește util să lege informația de „noutate". Propune noțiunea de *gnosinformație* pentru informația destinată cunoașterii. Gnosinformația este „interfața socială a proceselor de cunoaștere și comunicare". Găsește utilă distincția formativ-informativ, ca și aceea între informație referențială (evenimențială) și informație factuală (de conținut) [11]. Informația „informativ-documentară" are rolul de intermediar între cei ce efectuează actul cunoașterii și cei ce sînt încunoștințați despre el. În destinul cultural-spiritual al societății, „universul gnosinformației" a dobîndit o importanță majoră, aflîndu-și expresia instituțională în biblioteci, publicații, centre de documentare etc. Luarea la cunoștință (distinctă de descoperirea unui „adevăr") poate fi definită ca o *cunoaștere secundară*. Ea are un mare rol în activitatea intelectuală și de aceea se poate vorbi de *funcție gnoseologică a informației* (în sensul informativ, definit mai sus).

Din punctul de vedere al receptorului, informația poate fi *cotidiană* (de exemplu conversația), *individuală*, de specialitate, de *masă* etc. Alături de informația cu efect formativ, distingem *informația psihoprofilactică* (destindere, amuzament etc.).

P. Caravia mai introduce o clasificare a informațiilor după funcția pe care o îndeplinesc în cadrul autoreglării și *autoorganizării* sistemelor: între elementele aceluiași subsistem (tip I), între două sau mai multe subsisteme (tip II), între subsisteme și sistemul social global (tip III). Dar detaliile și implicațiile *gnosinformatologiei* sînt numeroase.

Menționăm că pentru acest autor, termenul de „univers al informației" are alt înțeles decît cel pe care-l folosim în cuprinsul lucrării de față. Noi înțelegem prin

[11] Un spectacol vizionat dă informația factuală; o recenzie asupra spectacolului dă informație referențială.

„univers informațional" ansamblul de obiecte și fenomene, umane și extraumane, în care se evidențiază aspecte ale informației structurale și legături de tip informațional.

O ONTOLOGIE SAU O GNOSEOLOGIE A SEMNALELOR?

Semnalul este purtătorul material al informației: „proces fizic capabil să se propage în timp și spațiu și care, de cele mai multe ori, nu este destinat sau folosit pentru acțiunea energetică directă asupra obiectelor, ci pentru comanda unor surse locale de energie sau pentru a acționa asupra organelor de simț ale omului"[12]. Deci, dincolo de concepția curentă (îmbibată cu antropocentrism și de *gnoseologism*) a noțiunii de „informație", „ca știre care poartă în sine urma unui fapt, eveniment sau proces oarecare...", menționăm că „semnalul se poate transforma în acțiune sau în eveniment material".

La orice semnal trebuie să deosebim o latură fizică („materială") și una informațională. În cazul tipic (am zice noi), semnalul reprezintă un proces a cărui natură nu depinde sub nici o formă de informația ce se transmite cu ajutorul său (și invers); informația este codificată, iar codificarea este convențională[13]. De aceea, probabilitatea a și fost aleasă ca un punct de plecare al măsurii informației. „Autonomia" semnificației sau eficacității semnalului este relativă[14].

[12] I. Angheloiu și E. Oancea. *Informație și semnal*, p. 18—19.

[13] Situația *tipică* se întîlnește mai ales în cadrul situațiilor *artificiale*. O legătură poate să aparțină *tipului informațional* fără să fie *tipică*.

[14] O lecție care nu este înțeleasă de ascultători nu *transmite* informație, dar este un fenomen informațional și are o *structură* informațională ce poate fi măsurată în biți. Ea trebuie, oricum, expusă cu o voce suficient de puternică (condiție energetică: energia semnalelor trebuie să depășească pragul de *excitabilitate*). Receptivitatea intelectuală a auditoriului este însă o condiție de *informabilitate* (referitor la care s-ar putea vorbi, de asemenea, de un prag).

Se poate spune cu deplin temei că cea dintîi elaborare științifică a legăturilor prin semnale în sisteme *naturale* se datorește lui I. P. Pavlov[15]. Într-adevăr, întreaga concepție despre legăturile temporare din sistemul nervos se bazează pe ideea după care un eveniment poate *semnaliza* o situație și — prin acest mecanism — poate induce în organism *pregătirea* acestuia pentru confruntarea cu acea situație. *În concepția lui I. P. Pavlov găsim analizată și sintetizată legătura necesară între excitație și informație în sistemele naturale*, ca și premisele unei elaborări fiziologice a teoriei reflectării, deci a legăturilor între *aspecte ontologice și gnoseologice ale informației.*

Dacă luăm semnalizarea *biologică* ca pe un „model"[16] al legăturilor prin semnale, trebuie să ne ferim de a limita sfera acestora la legăturile dobîndite de individ prin experiența sa de viață (dintre care fac parte și legăturile temporare). Semnalizările pentru care speciile au o „informabilitate" instinctivă și instinctuală reprezintă majoritatea elementelor ce determină „comportamentul" animal (și chiar vegetal). Semnificația adaptativă a „reperelor" din mediu este valorificată prin selecția naturală. Aspectul calitativ al excitabilității (sensibilitatea la anumiți excitanți) este oglindirea condițiilor ecologice[17].

*

Pe baza celor expuse mai sus, am fi înclinați să construim o viziune *sui-generis* asupra lumii care ar fi exprimată prin titlul „peste tot semnale" (Edm. Nicolau)[18]. Un univers în care „circulă semnale", un

[15] Acest fapt a fost subliniat și de N. Jukov-Verejnikov (1966). Pentru Pavlov, *semnalizarea* este legată de intrarea în acțiune a distantoceptorilor. Se mai poate spune că semnul care nu este simbol este *semnal* (Berlyne).

[16] „Model" — situație cu valoare euristică (ilustrativă, capabilă de o analiză oportună, intuitivă, cantitativă, experimentală etc.), și nu situație *tipică*.

[17] Am folosit (1966) termenul de *oglindire* pentru a nu crea confuzii cu cel de *reflectare*, utilizat în gnoseologie.

[18] Edm. Nicolau. *Peste tot semnale*, București, Editura tineretului, 1966.

univers *informațional*: iată un tablou care poate fi comparat cu cel *clasic* mecanic-atomistic, sau cu cel *contemporan*, care „reduce" lumea la un ansamblu de oscilatori în interacțiune. Tabloul oscilatoric și cel informațional au avantajul că introduc în „compoziție" contribuții specifice ale vieții și mai ales ale omului. Spațiul este „îmbibat", de exemplu, de unde electromagnetice produse de tehnica umană; semnale *de la* și *înspre* om, generate și controlate de om, se întind acum în porțiuni tot mai mari ale spațiului cosmic.

Universul *informațional* poate fi extins la orice *obiect de cunoaștere posibilă*: radioemisiile quasarurilor nu sînt denumite, curent, *semnale*? Uneori este greu să distingem emisiile unor radiosurse naturale de mult așteptata comunicație intra sau extragalactică, cu presupuse ființe inteligente...[19] Orice proces fizic care *ne-ar putea interesa*, de exemplu, din punctul de vedere al cunoașterii științifice — eventual ca *expresie* a altor procese — este un „semnal potențial" (sau virtual). *Mutatis mutandis*, cînd un semnal electric conține perturbații (zgomote) determinate de mișcarea haotică a electronilor, putem spune că „informației simple i se asociază și alte informații cu privire la perturbațiile generate de mișcarea dezordonată a electronilor" (Angheloiu și Oancea).

Această întrepătrundere a ontologiei, a gnoseologiei și a praxisului uman, pe care o prezentăm, presupune, evident, *cognoscibilitatea*. Numai această premisă ne permite să vorbim, de exemplu, despre o informație structurală ce poate fi estimată cantitativ[20].

[19] Acest *distinguo* este posibil, uneori, pe baza unor considerații *energetice*.

[20] După Fred Hoyle, din cauza distanțelor uriașe care separă sistemele stelare, singurul contact posibil între civilizațiile răspîndite în galaxie este un contact *logic* între ele, prin mijlocirea semnalelor. A. Joltea crede însă că sînt posibile și mijloace de deplasare mult mai rapide decît cele imaginate de tehnica noastră, apte „să realizeze un contact fizic deosebit de fertil pentru schimbul logic și *material* dintre civilizații" (*Almanahul civilizației*, București, Editura științifică, 1968, p. 37—38).

Evident, și societatea este o „lume a semnalelor". Studiul mijloacelor de comunicare este indispensabil pentru înțelegerea societății[21], ceea ce nu înseamnă că ar fi *suficient*. „A afirma că teoria transmiterii mesajelor ar fi cheia unică pentru înțelegerea societății înseamnă a ignora ceea ce este mai important și decisiv în dezvoltarea societății. După cum se știe, societatea se dezvoltă după legile ei specifice, dintre care cele mai importante sînt legile dezvoltării producției, iar cibernetica în întregul ei, ca și teoria informației în particular, nu poate constitui cheia pentru înțelegerea societății, pentru simplul motiv că nu ia în considerare această trăsătură specifică, hotărîtoare a societății"[22].

PUNCTUL DE VEDERE AL „ENERGETICII"

Dacă *energetismul*, concepție filozofică (ontologică), este criticabil de pe pozițiile materialismului dialectic, *energia* rămîne un concept fundamental al fizicii, iar *energetica* reprezintă una dintre ramurile cele mai importante ale tehnicii. Ne propunem să supunem unei „analize spectrale" felul de a privi sistemele și procesele în lumina conceptului de energie, pentru ca acest *Betrachtungsweise* să poată fi deosebit cît mai bine de punctul de vedere informațional.

1. *Non-creare*. Preferăm să prezentăm teza „imposibilității unui *perpetuum mobile* de speța întîi" (primul principiu al termodinamicii) sub aspectul imposibilității de a crea energie (sau de a produce lucru-mecanic ori de altă natură fără a investi energie). *Conservarea* energiei trebuie privită în legătură cu conservarea

[21] N. Wiener. *Cibernetica și societatea*, Moskva, Inostr. Liter., 1958, p. 30.

[22] S. M. Șaliutin, *op. cit.*, p. 46. În A. Schaff *(Introducere în semantică)* se găsește critica a două puncte de vedere inspirate din reflexologia pavlovistă: filozofia lui Korzybski (p. 113) și teza lui V. A. Zveghințev (p. 220). Semnul verbal nu este semnal sau simbol în sens curent, ci un semn *sui-generis* (p. 224).

masei (cu principiul lui Lavoisier), amîndouă principiile corespunzătoare fiind „depășite" în relația lui Einstein

$$E = mc^2$$

Această relație poate fi privită în (cel puțin) două feluri :

$$1)\ \Delta E = c^2 \Delta m,$$

adică orice variație de energie a unui sistem este însoțită de o variație de masă. O formulare întrucîtva echivalentă este *invarianța* sumei algebrice masă + energie.

$$2)\ \frac{E}{m} = c^2$$

(Onicescu), adică constanța raportului dintre energia și masa unui sistem. Principiul conservării energiei (R. Mayer, H. Helmholtz) trebuie „amendat" și prin principiul lui Carnot.

2. Putem vorbi de *forme* de energie (mecanică, electrică etc.). O împărțire abstractă (dar importantă teoretic) este aceea în energie *potențială* și în energie *actualizată* (de exemplu energia cinetică a săgeții care pornește din arc). O împărțire de interes pragmatic este aceea în energie brută (care este „introdusă" în mașină) și energie utilă sau utilizată (care este energia efectiv operantă, „motrice"). În legătură cu aceste considerații putem vorbi de *calitatea energiei.*

3. Trecerea energiei dintr-o formă într-alta este *transformarea* (realizată de *transformatori*), și ea se face în conformitate cu formule de echivalență cantitativă (echivalentul mecanic al caloriei, R. Mayer; echivalenții au fost determinați experimental de către Joule). Aceasta înseamnă că se poate alege o unitate universală de măsurare a energiei (erg, joule, kilocalorie, electron-volt). Se poate introduce noțiunea de *randament de transformare* atunci cînd avem în vedere

raportul dintre energia efectiv folosită și cea introdusă în sistem :

$$\eta = \frac{L}{Q} \leqslant 1$$

(în cazul în care L este lucrul, iar Q este energia calorică). Dar η poate fi raportul dintre „util" și „brut".

4. Orice expresie matematică a variației de energie poate fi descompusă într-un produs de doi factori (factorizare : Rankine, W. Ostwald). Unul este factorul de nivel (intensiv, de potențial), celălalt este factorul extensiv (de capacitate). Pentru energia calorică, factorul de nivel este temperatura (absolută) T, iar factorul de capacitate este entropia S (Clausius).

5. Energia tinde să „curgă", să se propage (în spațiu), să se transforme. Sensul deplasării spontane este dat de diferența de nivel. Căldura trece spontan de la o temperatură mai mare la una mai mică. Egalizarea factorilor intensivi în urma *disipării* este o noțiune care, prin extrapolare nepermisă, a dus la teoria „morții termice a universului". Din procesele care decurg spontan putem sustrage energie utilizabilă. Procesele de sens invers nu se pot produce decît cu „consum" de energie.

„Calitatea" energiei poate fi apreciată și în legătură cu „aptitudinea" de a fi *transportată* dirijat, cu tendința la disipare etc.

6. O mașină termică nu poate funcționa decît dacă există o diferență de temperaturi (sursă caldă la T_1, sursă rece la T_2) (imposibilitatea unui *perpetuum mobile* de speța II; principiul II al termodinamicii; principiul lui Carnot).

Randamentul maxim e dat de :

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

formulă care arată că o transformare completă a căldurii în altă formă de energie nu este practic posibilă (T_2 ar trebui să fie egală cu zero absolut). Energia

calorică este (din punct de vedere ingineresc) o formă inferioară de energie. Dar orice proces se însoțește de „degajare" de căldură (netransformabilă *in toto* în alte forme). Energia *se degradează* (W. Thomson). Energia calorică a fost considerată ca un rebut și ca un deșeu.

7. Din cele spuse mai sus rezultă că procesele reale sînt *ireversibile*. În aceste condiții entropia crește. Se mai poate spune că *negentropia* scade. Deci ceea ce consumă o mașină nu este energie, ci negentropie (Brillouin).

8. *Eliberarea* energiei ne obligă să facem distincție între energie liberă (G) și energie legată, între energie liberă și entalpie, între reacții exergonice și reacții exoterme (respectiv între reacții endergonice și endoterme). Aci își găsește locul și noțiunea de *bilanț* energetic.

9. *Acumularea* de energie este condiționată de limite, în care intervine mărimea U numită *energie internă*. Se poate vorbi de depozite, de rezerve, de eliberarea treptată în „fragmente" mici sau în valută „universală". Astfel, în celulele vii, acumularea energiei solare se face sub formă de amidon sau glicogen; *carburantul* banal este glucoza; valuta „universală" este ATP (care „cuantifică" transferul de energie chimică). Absorbția și emisia de energie se fac discontinuu, în cuante (Planck):

$$\varepsilon = h\nu.$$

10. La o anumită *stare* macroscopică corespund mai multe stări microscopice numite *complexiuni*. Interpretarea statistic-probabilistă a entropiei (Boltzmann) o leagă de logaritmul numărului de complexiuni. Creșterea entropiei este privită ca o trecere la stări din ce în ce mai probabile. Acestea sînt stări din ce în ce mai haotice. Entropia este o măsură a dezordinii, iar negentropia este o măsură a ordinii (și organizării).

11. Energetica ne dă și o criteriologie pentru stările staționare. Într-un sistem *închis*, echilibrul termodinamic corespunde la entropia maximă (sau la energie liberă minimă). Starea staționară „nu consumă". Într-un sistem *deschis*, echilibrul este fluent (*Fliessgleichgewicht*), el se menține grație importului de substanțe (de negentropie) (Schrödinger), dar rata de producere a entropiei este minimă (Prigogine).

12. Poate fi *structurată* energia? Modularea undelor radio este un exemplu de structurare *în timp* (eventual de structurare specifică).

13. Raportată la *timp*, energia se descrie și se caracterizează și prin noțiuni ca: acțiune, putere (putință) etc. Eliberarea *instantanee* de multă energie este urmărită pentru acțiunile distructive (explozie etc.), eliberarea *rapidă* este necesară în propulsare (racheta). Se pune uneori problema *temperării* vitezei de elaborare, pentru ca sursa să devină utilă (dinamita, fisiunea). Eliberarea *lentă* este legată de transformările ideale, cu randament maxim, în condiții de cvasireversibilitate.

14. Raportată la *spațiu*, energia se descrie și se caracterizează și prin noțiuni ca cea de gradient. În cadrul mișcării mecanice, lucrul se definește ca produsul scalar dintre forță și deplasare; mașinile simple (ca pîrghia) pot facilita o orientare convenabilă a efortului, pot mijloci un cîștig de forță printr-o „cheltuire" de deplasare (*legea de aur*). Subliniem că transportul este o noțiune din domeniul spațial; formele de energie pot fi valorizate și după ușurința cu care sînt transportate. W. Ostwald vorbea despre *Raumenergie* (de exemplu, energie superficială). Este instructivă și raportarea energiei la *volum*.

15. Raportarea la *masă* (a energiei libere sau interne, sau a *fluxului* de energie, sau a *debitului*) ne permite să clasificăm procesele după regimul lor energetic (de exemplu, regimul energetic al organismelor vii atestă importanța substratului chimic pentru viață). Energetica tehnică urmărește reducerea „greutății specifice" a combustibililor utilizați (combustibilul solid în rachete, energia nucleară).

16. În domeniul fenomenelor naturii se pot stabili principii extremale (de maximum și minimum), cum este „principiul lui Maupertuis“

$$\int mvs = \min.$$

Ele au fost interpretate ca principii de parcimonie (economie).

★

17. A) Energia-capacitate de lucru (operatoare) este energia de alimentare a unei mașini (carburantul). Ceea ce se numește „forță de producție“ este în mare măsură energie utilă. Dezvoltarea forțelor de producție înseamnă, în mare măsură, „cucerirea energiei“.

B) Energia-purtătoare de informație (semnal) ne va interesa în special cînd vom analiza „universul informațional“. Energia reglatoare este o subformă a acestei forme de energie. Contribuția ei la bilanțul energetic este minimă.

C) Energia de amorsare (activare) este, de exemplu, scînteia dinamului unui motor cu explozie sau chibritul cu care se aprinde un foc.

D) Energia-condiție este, de exemplu, energia termică care *face posibilă* viața (viața presupune apă lichidă; fiecare ființă are un optimum termic; homeotermia mamiferelor „consumă“ energie). „Încălzirea motorului“ înainte de a porni mașina este o ilustrare tehnică. În acest capitol se poate discuta despre „folosirea deșeurilor“ energetice. Energia termică își recapătă „prestigiul“.

Energia poate fi și o *anticondiție:* ordinea și organizarea substanței sînt compatibile numai cu un grad moderat de energie internă (nu există viață în stare gazoasă).

E) Energia poate servi la *structurarea* substanței. Cele două cazuri extreme ni se par a fi:

a) *ordonarea* de tip cristalizare, proces eventual entropic, exergonic;

b) *organizarea* de tip „sculptor—sculptură“, proces antientropic, endergonic.

18. Rezultatele investițiilor de energie pot fi apreciate ca: *efectivitate* (se produce un efect oarecare), *eficacitate* (se produce efectul scontat), *eficiență* (randament). *Productivitatea* exprimă eficacitatea raportată la unitatea de timp, investiția de energie umană fiind presupusă constantă.

CARACTERISTICI ALE „UNIVERSULUI INFORMAȚIONAL“

„Universul energetic“ este explorat de către științele exacte de mai bine de un secol; cel „informațional“ — abia de douăzeci de ani. Este deci natural ca formulările ce țintesc caracterizarea „universului informațional“ să aibă mai puțină precizie logică decît formulările referitoare la punctul de vedere energetic. O tentativă de sistematizare a lor va avea nu numai imperfecțiunile inerente tinereții științei și filozofiei informației, dar și cele inerente investiției afective, de care nu se pot feri pionierii unor noi teritorii.

1. *Modelul legăturii informaționale.* De pe platforma substanțională și energetică vom putea caracteriza legătura informațională prin disproporția între „cantitatea“ semnalelor și efectele declanșate. Ca atare, aceste cantități de substanță și energie, purtătoare de informație, nu participă net la bilanțul material. Legătura informațională presupune emițător, canal, destinatar (efector, receptor), structurare (specifică) de substanțe și energie, adecvare.

2. *Modelul comunicației.* Structura unei comunicații este analogă structurii unei legături informaționale; de obicei poate fi privită ca un caz particular al primei. În acest model transformările energetice sînt efectuate de transductori (traductori); există emițători și receptori de mesaje; există alfabet (semne) și codificări; pe canal apar zgomote (transinformație).

3. *Modelul statistic al transmisiei de semnale* (Shannon) permite caracterizări cantitative: a) ale structurii statistice a mesajului (entropia informațională, bazată pe *frecvențe*); b) ale însușirilor sursei și canalului; c) ale calității transmisiei etc. Împreună cu *modelul alegerii* vor sugera măsura logaritmică a cantității de informație. Aparatul matematic corespunzător poate fi utilizat pentru caracterizarea structurilor statistice ale „populațiilor" în general și a conexiunii statistice (corelație) dintre variabile.

4. *Reprezentabilitatea* informației se leagă de noțiunile de transcripție, transducere, traducere, translație, codificare (și copiere). Reprezentabilitatea atestă autonomia informaționalului față de substanțional și energetic.

5. Reprezentabilitatea (analogă capacității de transformare a energiei, după legi de echivalență) face posibilă stabilirea unei *unități generale pentru informație*. Se poate vorbi de echivalențe informaționale (de exemplu, sinonimie).

6. Modelul *alegerii* (Hartley, Shannon, Bonsack) din combinații *virtuale* sugerează folosirea unei măsuri logaritmice pentru cantitatea de informație, interpretarea entropiei informaționale ca o informație selectivă *medie* și legăturile strînse ale universului informațional cu „lumile" (sînt două sau una singură?) virtualității și libertății. În urma alegerii se ajunge la *specificare*.

7. Modelul probabilist (Shannon) în care se consideră „ieșirile" dintr-o situație cu probabilitățile respective, informația fiind măsurată prin *nedeterminarea* abolită, are avantajul de a arăta că măsura informației poate fi complet independentă de măsura energiei sau a substanței. Acest model duce la definirea unei entropii în *probabilități* și a unității fundamentale (prin situația alternativei binare cu echiprobabilități, respectiv a *alegerii* binare cu echiprobabilități). Dezavantajul modelului se găsește în antropomorfism, în psihologism (valorificarea elementului surpriză!), în postularea „discontinuității" elementelor considerate (ca și în

modelul statistic și al alegerii, de altfel). Alte avantaje sînt sugerarea *anticipării* ca element constitutiv al universului informațional și evidențierea valorii coeficienților de ponderare [23] pentru valorizări în acest univers. Modelul implică situația de *informabilitate* care are relații genetice cu starea de *excitabilitate* despre care vorbesc psihologii și cu „modelarea" despre care vorbesc epistemologii și metodologii.

8. *Redundanța*, ca „exces" informațional, are o dublă interpretare: a) de exces *suplimentat* în mesaj; b) de evidențiere a legăturilor interne, structurale, în mesaj (sau în orice alt obiect informațional). Ultima interpretare arată că universul informațional este un univers al organizării.

9. *Situația semiotică* pune în centru semne, simboluri, *medierea* informațională. Ea pune accentul pe normele „funcționale" ale lumii semnelor și simbolurilor, pe *sintaxă*. Ea evidențiază legi specifice ale universului informațional, particularități găsindu-se și în înțelesul pe care-l capătă noțiunile de lege, normă, regulă (în gramatică, logică etc.).

10. Ca și energia, informația se poate *degrada*, de exemplu, prin zgomote. Dar *disiparea* informației poate avea efecte pozitive multiplicînd *ordinea (organizarea) specifică*. Este cazul copierii (transcripție), multiplicării prin matrițe, imitației etc. Universul informațional este totodată *entropic* și *negentropic*. Informația nu se supune principiilor de conservare (Irimie): ea se pierde, dar se și poate crea.

11. Informația se poate *prelucra (traitement, processing)*, dar prelucrarea nu este o simplă separare sau un simplu amestec, ci de obicei este un proces de variație cantitativă neîntîmplătoare (filtrare, selectare, copiere), un proces de comparare, un proces de tip logic sau calculatoric: pe scurt, un proces algoritmat.

[23] În formula entropiei, inversul probabilității este un factor de pondere. Ponderea este statistică (sau, mai exact, antistatistică). Dar „mașinile informaționale", vii sau nevii, pot pondera și în raport direct (nu invers) cu frecvența.

12. Informația se poate *păstra* (trecere în stare latentă) și *regăsi* (respectiv, actualiza).

13. În timp ce universul „substanțional" (și cel mecanic) poate fi imaginat într-un timp reversibil, universul energetic este (grație principiului lui Carnot) un univers ireversibil. Universul informațional este ireversibil (timpul are „sens" de curgere), dar nu se desfășoară numai *în actual*, ci și în trecut (grație memoriei) sau în anticipare (finalitate intrinsecă a sistemelor cibernetice, strategii etc.).

14. Problematica principiilor *extremale* (minimum, maximum) face loc aici problematicii *optimizării* (*minimax*, *maximin*, compromisuri etc.). Dacă principiile extremale ale fizicii exprimau *univocitatea*, principiile de optimizare ale universului informațional exprimă *multiplicitatea* „soluțiilor" *posibile* în cadrul legilor naturii, cu virtualitatea alegerii (strategie). Principiile energeticii sînt de *parcimonie;* principiile informaționale sînt de *economie* în sens larg, funcția de „utilitate" nefiind unică, iar *condițiile* ce se cer respectate avînd altă semnificație decît condițiile inițiale sau la limită ale legilor fizice [24].

Funcția de „utilitate" poate să exprime cerințe substanționale (miniaturizarea) sau energetice (consumul minim în transmiterea semnalelor), dar și cerințe specific informaționale. De pildă, codificarea optimă poate fi aceea care asigură *fidelitatea* transmisiei (modulația în frecvență, coduri detectoare de erori, coduri autocorectoare etc.). *Eficacitatea* semnalului poate prima asupra eficienței (randamentului). Un alt obiectiv specific este *secretizarea* (ca în cifrurile folosite de militari). *Falsificarea* unui mesaj face parte din strategii.

15. *Eroarea* este o noțiune informațională [25]. Ea poate genera însă elemente cu sens (pe acest fapt se bazează, în mare măsură, evoluția biologică).

[24] Menționăm că termenul „cibernetică" are aceeași etimologie ca și termenul „chiverniseală": o formă a „economiei" care se distinge net de „avariție".

[25] Eroarea în copierea mesajului genetic, greșeala de tipar, eroarea de calcul, eroarea în tragerea la țintă, eroarea strategică etc.

16. În timp ce substanța și energia pot fi evaluate *în sine*, informația presupune conexiune, situație rațională etc. Estimările cantitative presupun un *referențial* (Bonsack), o „restricție semantică" (Săhleanu).

17. Este important să precizăm și *investițiile* informaționale — „utilizările" principale ale legăturii informaționale, ale schemelor semiotice etc., și anume:

A) *Informația comunicativă* este fundamentală, definitorie aproape.

B) *Informația cognitivă* va fi tratată în partea consacrată reflectării. Ne mărginim să notăm că reflectarea nu este speculată, că „imaginile" nu sînt iconice sau fotografice și că reflectarea tinde să fie izomorfă.

C) *Informația reglatoare* este noțiunea de bază a ciberneticii (în sens Wiener). Autoreglarea realizează, între altele: a) stabilitate (inclusiv homeostazie); b) asigură eficacitatea acțiunii (în servomecanisme). Schema de bază este — pentru ambele — circuitul cu reacție (conexiune inversă, *feed-back*) [26]; c) economie de mijloace (de energie, de negentropie etc.)[27]. Autoreglarea are o funcție antialeatoare și antientropică.

D) *Informația de programare.* Programele rigide apropie sistemele informaționale de „obiectele" substanțiale și energetice.

E) *Informația ca premisă a deciziei și a strategiei.* Se evidențiază din nou elementele virtualitate și alegere [28].

Ni se pare și aici utilă distincția între *efectivitate* (a fi oricum cauză), *eficacitate* (a atinge obiectivul finalizat), *eficiență* = randament = raportul între rezultat, respectiv cîștig și investiție [29].

[26] Eficacitatea acțiunii poate fi asigurată (neeconomic) și prin redundanță.

[27] Sistemele informaționale pot realiza economii de mijloace prin autoreglare (cibernetică), prin strategie („rațional"), prin modelare internă, de exemplu prin experiment mintal (evită „încercarea cu erori" și cu riscuri pe plan obiectiv).

[28] Lumea informațională este o lume a *facultativului*, și nu a *facticității*.

[29] Cîștigul este o noțiune mai curînd informațională.

Pe planul tipologiei umane distingem curent omul *energic*, omul *perseverent* și omul *abil*. Energia este o problemă de vitalitate — aparține universului energetic. Perseverența presupune program și o bună stabilitate (acțiune contraaleatorie). Abilitatea presupune strategie [30].

F) În afară de informația *organizatoare de acțiuni* (programare) avem de luat în considerare *informația organizatoare de substanță și de energie* („entelechială"). Dacă informația de comandă *dezlănțuie* energie, informația organizatoare canalizează și *înlănțuie* energii, suprimă grade de libertate etc.

* * *

Impresia noastră este că am putea vorbi despre *stratificarea* „universului informațional". Între *feed-back*-ul elementar și strategia militară, distanța este enormă. Totuși situațiile pot fi apropiate prin caracteristicile enumerate mai sus. Nu este exclus ca în viitor, în cadrul „universului informațional" conturat de noi, să se opereze un nou clivaj, care să adauge un al patrulea termen la triada substanță, energie, informație. În fond, universul informațional a apărut (pe plan ontic, dar și în evoluția gîndirii filozofice) prin clivajul universului energetic. Chiar și în 1966, autorul acestor rînduri a tratat biofizica informației ca pe un subcapitol al bioenergeticii (vorbind, de exemplu, despre „energia ca informație") și s-a axat pe modelul (de fapt, de tranziție) al legăturii informaționale [31]. Parcurgerea lucrărilor clasice ale energetiștilor evidențiază înglobarea *ilicită* a elementelor informaționale în universul energetic.

Astfel, Fouillée vorbește despre *idei-forță*, în legătură cu această noțiune insistînd asupra *eficacității*

[30] Reamintim că animalele superioare bătrîne supraviețuiesc un timp în natură, cu toată scăderea vitalității lor, grație „tacticii", experienței de viață etc.: prefigurare a *priorității* informaționale care caracterizează și stăpînirea omului asupra naturii.

[31] V. Săhleanu. *Biofizica*, București, Editura didactică și pedagogică, 1966.

ideii în lumea materială (probleme de comandă !), asupra rolului „proceselor apetitive" în acțiuni (anticipări și finalități !). Activitatea conștientă este o „*forță* psihică", iar omul *nu* este un automat cu idei „fără eficacitate" [32]. Ideea determinismului este „împăcată" cu aceea a libertății, accentul e pus pe *noutate*.

W. Ostwald crede că în energie se încorporează ceea ce este realmente real; *Wirkliche* înseamnă *Wirkende;* energia este *Triebkraft* [33]. Însă în domeniul biologiei, W. Ostwald are nevoie și de alte concepte: cel de finalitate *(Zweckmässigkeit)*, de care se leagă „conservarea" individului și a speciei; cel de memorie, de care se leagă istoricitatea (influența trecutului) și ereditatea (ca o prelungire specifică în viitor) [34]; cel de *alegere* și *decizie*.

La sugestia lui Solvay, W. Ostwald abordează din punct de vedere energetic și *viața socială*. Evoluția omenirii poate fi urmărită prin folosirea treptată a unor surse din ce în ce mai bogate de energie și prin creșterea randamentului (coeficient „economic"). Importantă ni se pare caracterizarea dată uneltelor, ca o transformare *finalizată* a energiei și caracterizarea evoluției lor prin *eficacitate crescîndă* (în atingerea scopului) [35].

Deși Ostwald se străduiește să arate că optimizarea relațiilor umane duce la economii energetice, pentru sectoare esențiale ale vieții sociale, considerentele sale energetice ajung să fie subordonate altor considerente și valori.

C. Rădulescu-Motru [36] vede în energetism „o nouă traducere, într-o formulare modernă, a determinismului universal". Ca și W. Ostwald, el speră că energetis-

[32] A. Fouillée. *L'évolutionisme des idées-forces*, 6 ed., Paris, Alcan.

[33] W. Ostwald. *Die Energie*, 2 Aufl., Leipzig, J. A. Barth, 1912, p. 5.

[34] *Op. cit.*, p. 131—136.

[35] W. Ostwald. *Les fondements énérgetiques de la science de la civilisation*, Paris, Giard-Brière, 1910, p. 70.

[36] C. Rădulescu-Motru. *Personalismul energetic*, București, Editura „Casa școalelor", 1927, p. 244.

mul poate depăși *dualismele* (substanțiale) de tip materie-suflet; de fapt însă, în universul energetic, „el dizolvă" și universul informațional.

Dar personalismul *depășește* energetismul.

În energie, C. Rădulescu-Motru constată o „ordine liniară" (dată de principiul al doilea al termodinamicii), în timp ce în personalitate găsim o „finalitate imanentă cerută de conservarea personalității". Mai mult, autorul insistă asupra anticipării, asupra „raționamentului" moralei preconizate (bazat, am zice noi, pe elemente *strategice* ca: înțelepciunea, prevederea inteligenței, ca și pe *organizare:* personalismul *energetic* se opune *anarhiei*) [37].

C. Rădulesc-Motru se ocupă de relațiile dintre energie și muncă și subliniază rolul elementelor informaționale în valorizarea muncii (calificare) [38].

„ECHIVALENȚE" ÎN „UNIVERSUL INFORMAȚIONAL"

În teoria informației, în cibernetică, în semiotică, în strategia jocurilor întîlnim tot mai frecvent termenul de „echivalență". Ni se pare că o trecere în revistă a sensurilor acestui termen în descrierile și analizele care privesc „universul informațional" ar fi realmente utilă.

1. *Teorema reprezentării* din teoria informației definește o echivalență informațională care ar putea fi analogată cu legea de echivalență inclusă în principiul conservării energiei. Egalitatea cantității de informație selectivă medie (entropia lui Shannon) este o *premisă* a reprezentării.

Fiind ales un anumit sistem de explorare a unui obiect, rezultatele pot fi exprimate prin semnale; în acest fel, o structură specifică devine echivalentă cu un

[37] C. Rădulescu-Motru. *Morala personalismului energetic*, „Analele Academiei Române, Secția Literatură, seria III, tom. XV, mem. 1, 1946, p. 22.

[38] *Morala personalismului*, p. 33.

mesaj. Invers, ea este echivalentă cu un șir de instrucțiuni — instrucțiunile necesare pentru specificare. Fiind ales un anumit „arbore de decizii" (binare), o situație specifică poate fi reprezentată printr-o secvență de cifre (de exemplu 1001011), ceea ce înseamnă, de fapt, o *numerotare*. Acest număr este echivalent cu un șir de semnale.

2. Punctul de vedere *semantic* definește echivalența ca sinonimie.

3. Punctul de vedere *semiotic* evidențiază echivalența dintre semn și significat. Relația nu este întotdeauna biunivocă sau măcar univocă. Echivalența *simbolică* depășește cadrul semioticii, avînd implicații psihologice și chiar fiziologice (pe care le explorează psihanaliza și filozofia culturii).

4. Din punctul de vedere al legăturii informaționale, excitațiile sînt *echivalente* cînd au aceeași „semnificație" pentru sistemul reactiv. Este posibilă extinderea conceptului la informația *pragmatică*, la transmisia informației și la *telecomandă*.

Un semnal continuu este echivalent cu o serie de semnale discontinue care satisfac condițiile impuse de teorema lui Kotelnikov.

Două zgomote sînt echivalente dacă determină aceeași perturbare a mesajului. În neurofiziologie este echivalent (sau cvasiechivalent) semnalul (condiționat) cu excitantul absolut.

5. Echivalența cibernetică a două elemente a unei scheme-bloc înseamnă capacitatea de a se înlocui reciproc în funcționarea mașinii.

6. În cazul „mașinilor" de calcul sînt echivalente într-un sens apropiat elementele capabile de a realiza aceeași operație logică sau matematică.

Echivalența cibernetică este, de fapt, un caz particular al echivalenței în sensul *legilor de sistem*, pe care le-am caracterizat cu altă ocazie [39].

7. Echivalența funcțională de *rezultat* constituie o clasă largă de echivalențe, din care fac parte și unele echi-

[39] V. Săhleanu. *Probleme filozofice ale biofizicii*, „Cercetări filozofice", 1963, nr. 10.

valențe cibernetice (care definesc *simulatoarele*). Există, de exemplu, o echivalență „de rezultat" între zborul păsărilor, al insectelor și al avioanelor [40].

8. Modelarea (similară, fidelă, analogă, izomorfă etc.) are legături strînse cu echivalența. Propunem termenul de *echivalență de modelare.*

Modelarea matematică se bazează pe ceea ce s-ar putea numi o *echivalență a problemelor.* Astfel, studiul proceselor nervoase este „redus" la probleme de teoria grafelor sau de calcul matricial etc. Se poate considera gramatica drept un „automat finit" (S. Marcus). Echivalențele de *reformulare* intră în această categorie.

9. Se poate vorbi (în legătură cu cele spuse la punctele 5—8) de o *echivalență algoritmică* și de *programe echivalente.*

Pe plan biologic ne întîlnim cu echivalențe (sinonimii?) de codoni (care definesc degenerarea codului) [41], cu gene care dau același efect, cu „mimarea" însușirilor ereditare de către influențele mediului (fenocopii).

10. Calculatoarele automate moderne uzuale sînt funcțional echivalente cu *automatele logice* (în sensul dat de Mc. Culloch și Pitts, Kleene sau J. V. Neumann). Această echivalență a permis clasificarea automatelor în logice și „neuronale" (R. Tarjan).

11. Automate echivalente *în sens Turing* sînt cele care sînt capabile de performanțele mașinii de calcul imaginate de Turing (1935) și care reprezintă „obiectul de referință" central în teoria actuală a automatelor. În acest sens se poate vorbi și de *universalitatea* mașinilor de calculat digitale.

12. Echivalența în sens Turing ne duce la noțiunea *echivalenței „jocurilor"*, problemă centrală a teoriei matematice a jocurilor.

13. Corespunzător se poate vorbi de *echivalență de strategii* (referindu-ne, de exemplu, la eficacitate și la eficiență).

[40] Din punct de vedere funcțional, perceptronul „imită" mecanismul vizual al mamiferelor.

[41] În fizica atomică, degenerarea se referă la echivalența energetică a unor orbitali diferiți.

Raportîndu-ne la cele notate la punctele 8—9, se poate spune că o anumită situație strategică este echivalentă *(operațional)* cu o problemă de programare liniară.

O echivalență „atenuată" ar putea fi numită *cvasiechivalență*, în contradistincție cu *pseudoechivalența.* Între „creierele electronice" și creier este o pseudoechivalență sau o cvasiechivalență? Iată *reformulată* o problemă fundamentală a neurociberneticii.

EROAREA

Eroarea aparține oare „universului" informațional? De la prima vedere ni se pare că da. De la eroarea de măsură pînă la cunoașterea eronată, toate tipurile de „greșeli" presupun o comparație efectivă sau virtuală. Cît timp „universul" informațional era privit ca o „parte" a universului uman, era dificil să se vorbească (altfel decît metaforic [42]) despre eroarea în *natură* [43]. Astăzi însă, cînd „universul informațional" cuprinde practic toate sistemele cu autoreglare, sistemele cu programare (ca cele genetice) și sistemele de comunicație, se poate vorbi de eroare nu numai în legătură cu lumea cunoașterii (și strategiei) umane, ci și în legătură cu lumea biologică și cu lumea tehnică.

Putem vorbi de *premise* substanțiale și energetice ale erorii. Un reactiv impur falsifică rezultatul unei analize chimice, agitația termică introduce zgomote de fond în telecomunicație, radiațiile ionizante induc mutații ale informației ereditare. Putem vorbi și de premise specific informaționale, cum ar fi folosirea codurilor lipsite de capacitatea de detectare (sau de corectare) sau suprimarea redundanței. Putem căuta un temei mult mai adînc apariției erorii: în „indetermi-

[42] Sau implicînd un „creator" antropomorf.

[43] M. Mateescu (*Realitate și eroare*, București, 1943) s-a străduit să argumenteze „realitatea erorii".

nismul" cuantic, în agitația termică moleculară — sau unul, de suprafață, în hazardul banal.

Matematica aplicată la analiza datelor de observație și experiment a deosebit de mult *erorile sistematice* de *erorile întîmplătoare*. Pentru inginerul constructor de aparate, importante sînt primele; pentru statistician — ultimele. Eroarea o apreciem și ca grad de precizie — și atunci, privită „optimist", este de fapt o aproximație în cunoaștere.

Așa cum menționăm și în altă parte a acestei lucrări, în strîngerea datelor și prelucrarea lor ne întîlnim frecvent cu situații de incompatibilitate între cerințe informaționale: ceea ce se cîștigă cu privire la un aspect se pierde implicit cu privire la altul. Asemenea „principii de incertitudine" în statistica aplicată sînt *analoge* cu principul de incertitudine al lui Heisenberg și cu principiile de impreciziune care se referă la perturbarea obiectului prin tehnica de investigație, dar au semnificații deosebite.

Quételet (1838) a analogat variabilitatea biologică individuală cu împrăștierile din tragerile la țintă (tir) și cu erorile de măsurătoare. Analogia (justificată formal prin aplicarea acelorași instrumente matematice probabilistice) este însă criticabilă. Variabilitatea biologică individuală nu este numai efectul perturbațiilor întîmplătoare care afectează realizarea fenotipică a unui program genetic *unic*, ci este ea însăși expresia unor programe variabile. Împrăștierile din tragerile la țintă se datoresc faptului că tirul clasic nu este un proces cu autoreglare; ontogeneza este însă un proces cu autoreglare.

Pentru statistician, variabilitatea biologică este o sursă de eroare în concluzii: „eroarea" datorită fluctuației de eșantionaj, de exemplu. Este adevărat că el vorbește mai riguros despre împrăștierea (dispersia) datelor generatoare de imprecizie și despre eroarea „probabilă" [44]; însă uniformitatea rezultatelor rămîne pentru statistician idealul cercetării inductive.

[44] Vezi, de exemplu, V. Săhleanu. *Metode matematice în cercetarea medico-biologică*, București, Editura medicală, 1957.

Organizarea experiențelor astfel încît dispersia să fie minimă, de pildă prin folosirea animalelor consangvinizate, face însă să apară o *situație critică* de felul celor caracterizate mai sus: omogenizarea rezultatelor se obține prin îngustarea „bazei inductive" (generalizarea, aparent mai sigură, după cum o arată formulele matematice, pornește de la observații pe o categorie foarte particulară de obiecte).

Asimilarea deviației de la medie cu o eroare are un analog în asimilarea cu eroarea a abaterii de la valoarea prescrisă într-un homeostat sau un servomecanism. Caracteristic pentru automate este regimul de funcționare pe baza *minimizării erorii*.

„Modelul biologic" al situației informaționale ne indică însă și o altă categorie de procese, cele care se fundamentează pe *exploatarea erorii*. În teoria sintetică a evoluției biologice, mutațiile sînt privite ca materia primă asupra căreia acționează selecția naturală. O frecvență adecvată o mutațiilor este premisa adaptabilității populațiilor și a transformărilor filogenetice.

Universul informațional (care nu este numai pluristratificat, ci și foarte diversificat) dă ocazii multiple și variate pentru apariția erorilor. Erorile de copiere, de codificare, de traducere, zgomotele, erorile de decodificare și de „citire", de interpretare; erorile sintactice și logice, erorile strategice sînt „tipuri" binecunoscute.

Să observăm că *substratării* substanționale și energetice a informației li se datoresc multe dintre aceste erori (informația este fragilă, se poate „distruge", distorsiona; poate fi „ștearsă", înecată de zgomote sau anulată prin interferență etc.). Dar eroarea nu este numai un „tribut" plătit de universul informațional purtătorilor săi materiali; ea poate ține și de mecanisme specific informaționale (cum o dovedește psihopatologia). Ea nu este numai un fenomen oneros, ci și o rădăcină posibilă a *noului*. Am mai arătat că, pentru teoria informației, *varietatea* este, de exemplu, condiția comunicației (așa după cum, pentru darvinism, variabilitatea era condiția selecției naturale și a progresului biologic). Incorectitudinea de copiere a „pro-

gramului genetic" poate fi izvorul diversificării; este şi o modalitate de apariţie a contradicţiilor. La un „nivel" înalt al universului informaţional, „abaterile" pot avea o semnificaţie tactică (pot fi „derutante" pentru adversar).

În lumina celor expuse mai sus, problema „robotului creator de artă", de exemplu a maşinii de calcul ce scrie poezii, poate fi privită altfel decît pînă acum. *Exploatarea hazardului* (printr-o selecţie sagace a ceea ce ne oferă ca materie primă) este o operaţie de aceeaşi categorie ca şi *exploatarea erorii* [45]. Un „model" lingvistic la îndemînă este calamburul, jocul de cuvinte, găsirea „efectelor" nebănuite prin modificarea unei litere dintr-un cuvînt, printr-o altă accentuare etc. Efectele uneori ilariante, cîteodată pozitive, ale unei „greşeli de tipar" ilustrează modalitatea a cărei importanţă *(naturală şi culturală)* vrem să o subliniem.

INFORMAŢIE ŞI TIMP

N. Wiener îşi începe cartea sa fundamentală despre cibernetică cu o analiză a problemei timpului. Pentru descrierea fenomenelor mecanice este suficient un „timp reversibil": sensul de „curgere" a timpului s-ar putea inversa (mintal) fără ca esenţa fenomenelor care „au loc în el" să se schimbe. Mişcările „în sens invers" sînt în egală măsură în concordanţă cu legile mecanice. Wiener numeşte un astfel de timp — *timp newtonian.* În opoziţie cu acest timp, cel al fizicii statistice şi al biologiei *(cazul general)* este un timp *ireversibil:* succesiunea evenimentelor nu se poate inversa fără a denatura esenţa fenomenelor. Sistemele cibernetice şi informaţionale „există" în timpul ireversibil (sursa şi destinatarul informaţiei nu-şi pot schimba „rolurile"; calea directă şi bucla de reacţie nu sînt echivalente).

[45] Există şi o *simulare a hazardului,* cu rol tactic (de exemplu adaptativ) şi metodologic.

Aceste sisteme aduc aspecte noi în problematica timpului. În legătură cu aceste sisteme, E. Wasmuth a propus o teorie a *timpului bidimensional.* În timp ce timpul unidimensional (mecanic) este cel situat de-a lungul axei de creştere a entropiei (acesta este şi timpul maşinii!), timpul vieţii şi conştiinţei este cel reprezentat de-a lungul axei de creştere a informaţiei. Această pură *vue d'ésprit* o menţionăm numai în scop de inventariere.

Foarte puţin inteligibilă este şi tentativa lui E. Huant [46]. După acest autor, „timpul nu mai trebuie considerat ca un cadru în raport cu care se reperează şi se jalonează secvenţele evenimentelor" unui mesaj; se poate vorbi de o „retroacţiune absolut fundamentală a acţiunii asupra timpului".

E. Huant propune o „valoare de informaţie" şi aplică tezele sale la interpretarea percepţiei senzoriale, la problema îmbătrînirii, a cancerizării, a reumatismului etc., unde se întîlnesc „erori informative".

A. Grünbaum [47] porneşte de la interdependenţa conceptelor de entropie şi de timp. Putem presupune pentru diverse părţi ale universului diferite direcţii ale timpului; atunci timpul, în totalitatea sa, nu poate fi determinat decît statistic. Într-un sistem deschis, direcţia timpului este dată prin creşterea negentropiei, deci a informaţiei. Însă creşterea după o lege aritmetică nu pare să fie o caracteristică a creşterii informaţiei, chiar în sens ontogenetic[48]. Informaţia se condensează graţie memoriei, motiv pentru care se face apel la un timp logaritmic. J. Zeman observă că memoria „execută o transpoziţie a istoricului în structural, a mişcătorului *(mouvant)* în spaţial". El propune intro-

[46] E. Huant. *Cybernétique et temporalité,* în vol. A. Mastourzo (ed.). *Cybernetic basis of modern medicine,* Naples, SIMC, 1964, p. 188—204. Autorul reia teze expuse într-o lucrare mai veche (*Connaissance du temps,* 1950).

[47] A. Grünbaum. *Time and entropy,* „American Scientist", 1955, nr. 4.

[48] J. Zeman. *L'information, l'entropie et le temps dans la théorie de la connaissance,* în vol. *Actes du 2e Congrès International de Cybernétique,* 1958, p. 141.

ducerea unui timp *gnoseologic*, cu o măsură de asemenea logaritmică. Dacă dispunem de cantități crescînde de informație în unități succesive identice de timp fizic, se poate vorbi de *dilatarea timpului*. Zeman folosește modelul „timpului dinamic" al lui Milne pentru a defini timpul gnoseologic T_G:

$$T_G = T_0 \log \frac{T}{T_0} + T_0 ,$$

unde T_0 este valoarea pentru „calm", iar T este timpul lorentzian. Noțiunea de viteză este înlocuită prin densitatea de evenimente (respectiv de informație). Formal, formula amintește și de cea a entropiei. Cînd „timpul" se scurge uniform, entropia gnoseologică este maximă. Viteza luminii este și viteza-limită care corespunde densității-limită a informației (recepția simultană etc.).

După cum o ființă cu două dimensiuni, deplasîndu-se într-un spațiu tridimensional, *dacă are memorie*, își poate face o imagine a acestui spațiu, și o ființă cu trei dimensiuni — dotată cu memorie, deplasîndu-se în spațiul-timp cu patru dimensiuni, poate percepe evenimentele și le poate „degaja simultan", fără ca ele să fie „întinse în timp".

J. Zeman caracterizează evoluția cunoașterii printr-o lipsă de proporționalitate între creșterea informației și descreșterea nedeterminării. Cunoașterea în curs de dezvoltare constituie un sistem deschis și, pentru aceste sisteme, nu este caracteristică constanța *sumei* (informație + entropie); J. Zeman admite că *produsul* lor este constant. Relația hiperbolică îi permite să „figureze" geometric tendința asimptotică a cunoașterii către adevărul „absolut". Chiar o informație foarte condensată nu corespunde niciodată la o entropie zero [49].

[49] Faptul că „absolutul" acesta e intangibil este întemeiat, după Zeman, de caracterul infinit al cunoașterii, de existența „zgomotelor pe canalul gnoseologic", de participarea subiectului (sursă de entropie) etc. Cunoașterea presupune dedublarea în subiect-obiect, ceea ce introduce entropie și o nouă „relație hiperbolică". J. Zeman apropie certitudinea gnoseologică de cea informațională.

★

Dacă ar fi să raportăm problematica timpului la „triada" noastră metodologică, am spune că substanționalul și mecanicul (în sens mecanicist) se mulțumesc cu timpul reversibil; energetica (termodinamica !) are nevoie de timpul ireversibil. Tributară termodinamicii, biologia (și tot ce „crește" din ea: psihologia, sociologia) nu poate face abstracție de ireversibilitate; dimpotrivă, o *exploatează* în fenomene ca memoria și evoluția.

Dar „universul informațional" este capabil de o *transcendere* a *actualului*. Memoria, ereditatea, finalitatea intrinsecă a organismelor, anticiparea, programarea sînt tot atîtea exemple caracteristice ale acestei trăsături [50].

N. Wiener atrăgea atenția asupra faptului că „previziuni" pot fi făcute și de către mașini; el găsea aici note analoge activității *intelectuale* umane. Noi credem că această analogie se interpretează corect prin referirea la specificul sistemelor informaționale. Baza acestei „transcenderi" este organizarea lor antientropică [51].

[50] Chiar *starea de informabilitate* presupune un viitor care suprimă nedeterminarea.

[51] Dacă entropia este definită convenabil (însă altfel decît în termodinamică), ea are tendința de *a descreste* cu timpul (Watanabe, 1962). Această *„teoremă H"* inversată exprimă matematic esența adaptării cibernetice a subiectului-agent situat în lume. (Vezi S. Watanabe. *Epistemological implications of cybernetics*, în *Actes XIV Kongr. Int. Philos.*, Wien, 1968, p. 599–600).

PARTEA A TREIA

INFORMAȚIE ȘI REFLECTARE

INTRODUCERE

Descoperirea cea mai importantă a ciberneticii este însemnătatea dominantă a „informației“ [1]. Pentru unii autori, această descoperire se situează mai aproape de gîndirea idealistă decît de gîndirea materialistă clasică [2]. Filozofia informației, pentru N. Wiener ca și pentru K. Steinbuch, ar permite depășirea opoziției dintre materialism și idealism. K. Steinbuch găsește o contradicție de nerezolvat între perspectiva informațională și teza lui V.I. Lenin asupra reflectării. Pentru gînditorii marxiști, dimpotrivă, „conceptul de reflectare ... trebuie folosit masiv și conștient pentru a explica natura și poate chiar și geneza fenomenelor informaționale“ [3]. Pentru G. Klaus, „teoria modernă a informației este una dintre disciplinele cele mai potrivite să elibereze activitatea spirituală de caracterul ei aparent supranatural“ [4]. După același autor, „dezvoltarea mai departe a teoriei cunoașterii pretinde, între altele, integrarea deplină a rezultatelor teoriei informației“ și ale ciberneticii. Datorită ciberneticii tehnice, analizele

[1] Vezi și G. Klaus și M. Buhr. *Philosophisches Wörterbuch*, Leipzig, VEB Bibl. Institut, 1961, p. 260.

[2] K. Steinbuch. *Gedanken über Kybernetik*, în *Club Voltaire*, vol. 1, 1964, p. 372.

[3] I. Irimie. *Cibernetica și unele din perspectivele ei filozofice* în „Tribuna“ (Cluj), 1967, an. 11, nr. 20 (537).

[4] G. Klaus. *Cibernetica și societatea*, p. 387.

abstracte ale epistemologiei dobîndesc o confirmare practică, iar metoda modelării cibernetice deschide calea spre experimente în teoria cunoașterii [5]. Am adăuga — la aceste două științe noi — semiotica și teoria jocurilor, care privesc și ele „universul informațional". Recunoscînd, cu P. Apostol (1966), că „asimilarea tehnicilor și metodelor gîndirii științifice contemporane și valorificarea lor în domeniul cercetării filozofice este un proces dificil și îndelungat", vom încerca, în cele ce urmează, să trecem în revistă unele tentative făcute în acest sens.

Scopul nostru este să contribuim la progresul cercetării prin aplicarea punctului de vedere informațional, punct de vedere expus de noi în părțile precedente și la a cărui stabilire teoria matematică a informației și-a dat în primul rînd un aport analog cu cel al unui nucleu de cristalizare într-o soluție suprasaturată.

Vom trece în revistă mai întîi unele „modele" teoretice ale actului de reflectare (respectiv de cunoaștere), modele de valoare inegală: unele sînt implicate în simple metafore nepretențioase, altele abordează frontal problemele cele mai dificile.

Vom considera apoi *evolutiv* procesul de reflectare. Dacă în primul capitol vom folosi metoda prezentării unor „soluții parțiale", în al doilea capitol ne vedem siliți să expunem, succesiv, puncte de vedere închegate, definind poziția bine conturată a unor autori contemporani. Cu această ocazie vom schița și punctul nostru de vedere.

În continuare ne vom ocupa de capacitatea de reflectare a automatelor tehnice și de locul ocupat de ele în evoluția procesului de reflectare.

Legătura strînsă între informație și reflectare ne obligă să încercăm o unificare a cîtorva accepții date noțiunii de informație, tocmai pe baza capacității de *a fi reflectat.*

[5] G. Klaus. *Spezielle Erkenntnistheorie,* Berlin, Deutsch. Verl. Wiss., 1965, p. 361, 370.

În sfîrșit, reluînd punctul nostru de vedere praxeologic, vom încheia discutînd măsura în care știința și filozofia informației culminează într-o antropologie.

MODELE ALE REFLECTĂRII

Sistematizarea materialului în cadrul unor „modele" este o cale metodologică larg folosită în știința contemporană. Complexitatea și dificultățile problemei de față ne obligă însă la prezentarea *mai multor* modele cu valoare parțială, limitată la cîte un aspect.

Metoda modelelor parțiale este utilizată în numeroase științe dintre cele mai variate, de la fizica nucleară pînă la economia politică. Fiecare *model* „reflectă" un grup limitat de însușiri; ele vor putea fi eventual asamblate, cîndva, într-o *teorie* coerentă a întregului proces [6]. În cazul nostru, aceste modele sînt destinate să reflecte însuși „procesul reflectării".

În procesul reflectării, sistemele (materiale) se exprimă unele în altele: *ceva* transpune, exprimă, traduce în sine *pe un altceva.* Cum momentul *corespondenței* este esențial, „*în* și *prin* reflectare aflăm ceva prin altceva, ne informăm despre un fenomen *A* prin intermediul unuia *B*". Reținem, de asemenea, momentul *adecvării (adecvației):* un anumit sistem nu reflectă *orice* alt sistem, ci între *A* și *B* trebuie să existe o potrivire.

Precizăm că în cele ce urmează ne referim mai ales la forma superioară a reflectării.

Modelul specular. Unul dintre cele mai vechi modele pornește de la analogia optică. Imaginea formată în oglindă este asemănată cu imaginea psihică. Se pare că termenul cartezian de „reflex" nu este străin de analogiile optice. Imaginea poate fi deformată dacă oglinda nu este plană. Analogii optice mai moderne sînt legate

[6] Metoda modelelor parțiale a fost folosită, în domeniul modelării *gîndirii,* de către R. Tarjan (1962).

de imaginile fotografice. Dar Lenin și toți gînditorii marxiști insistă asupra faptului că reflectarea nu are ca prototip formarea unei imagini în oglindă. H. Wald (1967) rezervă termenul de *oglindire* pentru treapta senzorială a cunoașterii fenomenului (și deci a fenomenului prezent). După Clara Dan, modelul specular exprimă plastic virtualitatea „idealului“ [7], pasivitatea procesului, corespondența punctuală [8].

Reflectarea în oglindă este deci o formă *inferioară* de reflectare.

Modelul mulajului. Ideea caracterului pasiv al reflectării este încă mai bine exprimată prin metafora mulajului (întîlnită încă la Aristotel). Reflectarea specularǎ este efemeră; mulajul este remanent. Mulajul este un exemplu pentru influențele pe care le-am numit (1949) *alospecifice* — cele din care se poate recunoaște calitatea și cantitatea agentului operant. În mulaj, ca și în fotografie, avem de-a face cu procese *instructive*, prin care mediul „își pune pecetea“ asupra sistemului sensibil (receptiv).

Modelul cópiilor. Pornind de la varianta platoniciană (care punea accentul pe gradul mai redus de „existențialitate“ a cópiilor), modelul a devenit, în variantele moderne, modelul cópiilor fotografice. Caracteristică este admiterea unei corespondențe de *formă*, cu eventualitatea (foarte probabilă) a erorilor, a aproximărilor, care înseamnă pierdere de informație, dar și dezinformare.

Modelul asimilației. Asimilarea informațiilor poate fi oare analogată cu procesele *substanțiale* ale nutriției? Integrarea lor în „corpul de cunoștințe“ al unei persoane cere prealabila lor „digerare“, dezarticulare

[7] Clara Dan. *Neoraționalismul*, București, Editura științifică, 1968, p. 34.

[8] Valoarea numai *metaforică* a termenului de *reflectare* și justificarea sa istorică în combaterea idealismului au fost analizate de A. Schaff. *Sprache und Erkenntnis*, Europa Verlag, 1968, p. 150, 157—158.

analitică. Ele se reconstituie după simetriile subiectului, care este deci activ și *specific*. Modelul asimilației a stat la baza teoriei pedagogice a lui G. G. Antonescu. Am mai putea adăuga că procesul de asimilație este *selectiv*. Unele situații de impermeabilitate la informații străine pot fi analogate cu reacțiile de tip antigen-anticorp. Un sens mai complex al noțiunii de asimilație se întîlnește la J. Piaget.

Modelul refracției. O altă analogie optică, care scoate în evidență influența operatoare a subiectului, este refracția. Modelul a fost folosit și de Freud. Analogiile din optica *geometrică* sugerează unele *principii* mai puțin aparente ale reflectării, dar profunde. De la F. Klein încoace, o geometrie se poate defini și prin invarianții unui grup de transformări. În geometria metrică se păstrează mărimile și unghiurile; în geometria similitudinii se păstrează unghiurile (ca și în oricare transformare „conformă“); în geometria proiectivă (în care, de exemplu, elipsa și cercul aparțin aceleiași clase) se păstrează o mărime mai abstractă, adică o relație între mărimi, raportul anarmonic; pentru topologie sînt „echivalente“ figurile ce pot fi obținute una din alta prin deformări fără tăieturi. Ideea după care recunoașterea formelor are la bază calcularea invarianților unei transformări se găsește la N. Wiener (1948). Ideea „invarianților“ joacă un rol și în gnoseologia lui G. Klaus.

Digresiune despre intervenția subiectului. Subiectivitatea a fost apreciată în general ca un element de dezinformare : oglindă deformantă, canal introducînd „zgomote“ și distorsiuni, aparat generator de erori sistematice etc. Legătura dintre reflectat și rezultatul reflectării ar putea fi evaluată printr-un coeficient de corelație, printr-o probabilitate sau printr-o entropie. Neoraționalismul a subliniat însă că subiectivitatea este un mijloc subordonat *obiectivității* ca scop. „*Adaosul uman este un mijloc eficace și unic de a ajunge la scop* ... În loc de zădărnicia efortului de a ajunge la obiect datorită subiectivității constitutive procesului cunoașterii,

apar rezultatele care se *datorează* inventivității, ingeniozității acestei *subiectivități*“ [9].

Modelul criptografic. Johannes Müller, în teoria sa a „energiei specifice a simțurilor“, influențat și de aprioriismul kantian, a reacționat împotriva gnoseologiei naive, bazată pe o interpretare simplistă a alospecificității. Orice excitant care afectează retina duce la o senzație luminoasă; orice excitant care impresionează urechea duce la o senzație auditivă. Vom reveni asupra acestei probleme cînd vom vorbi despre limitele reprezentării izomorfe. H. Helmholtz, pe baza lucrărilor sale de acustică fiziologică, a continuat această linie de gîndire, introducînd conceptul de *rezonanță*. Teoria lui Helmholtz pune accentul pe aspectul *selectiv* în obținerea informațiilor.

Teoria lui J. Müller a fundamentat interpretări idealiste și a fost violent criticată de materialiști. Criticile îndreptate împotriva interpretărilor pornesc de la considerații *metodologice* (organele sînt privite „analitic“ în mod izolat, experiențele ilustrative sînt grosolane și artificiale, realizate în condiții nenaturale, excepționale sau patologice: de exemplu, o lovitură aplicată pe ochi duce la senzații luminoase), *neurofiziologice* (se ignorează prelucrarea informațiilor de către creier, ca și datele care arată că există o relație cantitativă între excitație și senzație), *evoluționiste* (se uită că organele de simț sînt — pentru animale — rezultatul unei evoluții filogenetice în vederea unei adaptări optime la mediu, iar pentru om — și „opera întregii istorii a omenirii de pînă acum“, cum spunea Marx; pe planul ontogeniei individului se ignorează plasticitatea analizorilor etc.) [10]. Ni se pare posibilă și importantă o critică *energetică:* energia pusă în joc de un excitant neadecvat (capabil de „a da“ o reflectare neadecvată)

[9] Clara Dan, *op. cit.*, p. 143—144.

Despre înțelesul marxist al *subiectivității* în cunoaștere vezi A. Schaff. *Sprache und Erkenntnis*, p. 159—160.

[10] Vezi A. Kreindler. *Dinamica proceselor cerebrale*, p. 62 și urm.

este mult mai mare decît energia pusă în joc de un excitant adecvat (de exemplu, o senzație luminoasă se poate obține prin acțiunea cîtorva fotoni ce cad pe retină; excitarea electrică sau mecanică a retinei necesită energii ce depășesc cu multe ordine de mărime energia fotonilor luminoși).

Caracterul specific al organelor de simț nu poate fi negat (Kreindler). În terminologie informațională, aceasta înseamnă a spune că fiecare dintre ele *codifică* într-un fel propriu. Helmholtz vorbea de *hieroglife.* Și astăzi modelul „criptografic“ este folosit de către unii gînditori, inclusiv de gînditori marxiști [11].

Modelul interacțiunii. „Reflectarea“ este privită ca o interacțiune, apreciată dintr-o anumită poziție, dintr-un punct central reprezentat de fenomenul studiat [12]. După părerea multor autori, interacțiunea de reflectare este în general *asimetrică.* Filozofii contemplativi admit că în procesul de cunoaștere este influențat *subiectul.* Gîndirea experimentală a pus în evidență necesitatea de *a influența* unele obiecte sau procese, pentru a le cunoaște.

Modelul adaptării. Reflectarea poate fi apreciată prin *rezultatele* sale. Interacțiunea reflectorie adecvată duce la o stare de echilibru cu mediul. Atunci modelul specular ne apare ca o abordare artificială a unei situații care la origine a avut în vedere necesități biologice.

V. P. Petlenko (1960) a arătat că de la confuzia între reflectarea *adecvată* și reflectarea *specular*ă pornesc unele critici nejustificate la adresa nespecificității (idiospecificității, am zice noi) reacțiilor organice la agenți externi. Dar modalitățile nespecifice înseamnă

[11] Modelul criptografic este înrudit cu un model al „mascării“ (A. Binet).

Vezi P. Apostol. *Cibernetică, cunoaștere, acțiune*, p. 195: „Observatorul ... trebuie *să decripteze* mesaje, presupuse a avea sens, dar al căror cod și conținut nu-i sînt date“.

[12] I. Cotăescu. *Reflectarea în lumea vie*, „Rev. de filozofie“, 1965, vol. 12, nr. 2, p. 170.

o cheltuială oarbă de energie, în „speranța" unui efect util; cele specifice — un efort exclusiv în direcția care este principală în momentul dat. Primele constituie tocmai un „excelent mijloc pentru a face față neprevăzutului, care poate seconda sau anticipa esențialul" [13].

„*Modelul intern*". Sub influența lui N. Wiener, cunoașterea a fost identificată cu elaborarea unor „modele interne" ale realității obiective. Or, modelul poate fi valoros nu numai dacă este similar (există în tehnică și o modelare similară fidelă, de exemplu pe miniaturi); el poate fi numai analog și analogia poate fi numai parțială.

După Kl. Wüstneck (1963) putem defini o *relație de tip model* între sisteme și în afara prezenței (participării actuale) umane. „Subiectul" nu este *întotdeauna* identic cu subiectul unui proces de cunoaștere. Este cu totul natural să căutăm o definiție a modelării care să aibă un grad de generalitate mai mare decît cel din gnoseologie, „cazul" gnoseologic fiind un caz particular [14].

După Vallach, un model apare într-un sistem *B* printr-o manipulare particulară a semnalelor venite de la sistemul *A*. Sistemul *B* răspunde la problemele referitoare la *A* „folosind rezultatele" acestor manipulări: *modelul lui A* și nu fiind influențat direct de *A*, în calitatea acestuia de sistem fizic [15]. Numai semnalele care slujesc la alcătuirea unui model sau se referă la acesta poartă informație.

Este greu de făcut o deosebire între modelare și *schematizarea* despre care a vorbit Fr. Gonseth. În schematizare, subiectul este activ; schematizarea nu

[13] I. Peatnițchi. *Dialectica vitalității organismului*, cap. V.
[14] Vezi V. Săhleanu. *Despre valoarea teoretică și practică a modelelor*, în *Materialismul dialectic și științele naturii*, vol. X, p. 404 și urm.
[15] M. Vallach. *L'information dans le monde vivant et non vivant*, în *Actes du 2e Congrès International de Cybernétique*, Namur, 1958, p. 132.

este o *deformare* a (imaginii) realității, ci calea unică de *captare* a ei [16].

Modelele cibernetice. Modelele cibernetice pun accentul pe caracterul *ciclic* al interacțiunii dintre sistemul reflectant și realitatea reflectată.

a) În perspectivă informațională, cunoașterea apare ca o comunicare (complexă; selectivă *și* evaluativă) (D. Harrah, 1963; P. Apostol, 1969). Ultimul autor propune un *model epistemologic* cuprinzător în care se include cel al lui Shannon („lărgit" de F. Bonsack) [17].

b) Interacțiunea poate fi înțeleasă ca un *feed-back* pozitiv. *Procesul* reflectării se autoamplifică.

c) O variantă a acestui model este cel propus de P. Apostol (1969), care pornește de la analogia cu schema lui Marx a reproducției lărgite.

d) Admițînd că procesul de cunoaștere se desfășoară după o „reacție pozitivă", un model ar putea fi găsit în metodele de rezolvare a anumitor ecuații prin aproximații succesive. Pentru J. Guillaumaud, tocmai „universalitatea retroacțiunii" poate să explice eficiența unor asemenea metode [18].

e) Interacțiunea cibernetică poate fi privită ca un proces de autoorganizare. Un sistem cibernetic capabil de autoorganizare se caracterizează prin posibilitatea îmbogățirii *modelului său intern* (Mac Kay).

Pentru Anohin (1955) sinteza de aferență face posibilă o modelare a situațiilor de mediu. Coincidența dintre modelul intern (expectație) și ceea ce se întîmplă efectiv determină reacția adecvată; discrepanța determină reflexul de orientare și ameliorarea modelului intern (Sokolov).

[16] Clara Dan, *op. cit.*, p. 31.
[17] *Op. cit.*, p. 138, 192.
[18] În modelul *elaborat* al lui P. Apostol (*op. cit.*, p. 203—205), cunoașterea apare în cadrul unei *interacțiuni*, ca un component *izomorf* cu procesele informaționale de autoreglare, prin care se poate realiza optimizarea ei.

Modelul secvențial. Feed-back-ul, complicat cu îmbogățirea informațiilor și cu decizii care duc la căutarea de noi informații atunci cînd decizia nu este întemeiată, definește un *decurs secvențial* [19].

Modele strategice. Procesul de cunoaștere poate fi înțeles, după unii probabiliști, ca un „joc împotriva naturii". Oricum, în formele superioare ale reflectării se include un *demers.* Reflectantul nu este numai activ, el este și *tactic*, el caută și aplică metode. Terminologia corespunzătoare a intrat recent în uzul filozofic. După Clara Dan [20], adevărul este elaborat (și nu găsit), cunoștințele se dobîndesc (și nu se receptează), iar „profunzimile realității nu ni se oferă singure, ci trebuie să fie *cucerite* cu stratageme subtile și viclene".

O teorie explicită a reflectării bazată pe teoria matematică a jocurilor a publicat-o Stanoulov [21].

Modelul semiotic. Ernst Cassirer definește omul ca *animal symbolicum* [22]. Ce se înțelege însă prin simbol? W. James, ca și L. A. White, insistă asupra faptului că numai omul instituie semne sau *simboluri prin convenție.* Cassirer deosebește *semnale* care funcționează ca *operatori* în comportamentul animal și *simboluri* care funcționează ca *designatori* în comportamentul uman. Un semnal este o parte din universul fizic al existenței; un simbol este o parte a lumii umane a înțelesurilor și semnificației. H. N. Price vorbește despre semne cu înțeles *funcțional* și de simboluri cu înțeles *designativ, descriptiv* sau *referențial;* pe baza acestei distincții, el critică behaviorismul, care tinde să reducă simbolul la semn.

[19] Vezi modelul lui N. D. Chorafas în P. Apostol, *op. cit.*, p. 166.
[20] Clara Dan, *op. cit.*, p. 33.
[21] N. Stanoulov. *Some remarks on the capacity for selection in a proposed functional scheme of human thought,* în *Cybernetic Basis of Modern Medicine* (A. Mastourzo, ed.), Napoli, SIMC, 1966, p. 481—482.
[22] Ernst Cassirer. *An Essay on Man,* New Haven, Yale Univ. Press, 1944, p. 41.

În cadrul modelului semiotic, „în mod esențial și inevitabil, orice informație, deci și cunoștință nouă, este legată de utilizarea semnelor" (Cornel Popa). Semnul are mai multe funcții cognitive: fixează (sau conservă) o anumită informație, asigură *prelucrarea ei formală,* prescurtează și concentrează informația, mijlocește transmiterea și generalizarea ei la nivel social.

Prelucrarea informației *în termenii unui limbaj* este indispensabilă atingerii *treptei logice* a cunoașterii.

În cadrul modelului semiotic, dobîndirea unei cunoștințe autentic noi poate lua forma producerii unei combinații noi de semne. Operațiile asupra semnelor pot substitui (pînă la un punct) operațiile asupra obiectelor naturale în procesul de cunoaștere a acestora [23].

Schițarea unei *teorii* a reflectării pe baza semioticii a fost încercată de G. Klaus și W. Segeth (1962) și de G. Klay (1965) [24].

Corespondență și izomorfism. Renunțînd la modelul specular, geometric, al legăturii dintre obiect și imaginea sa „reflectată" (în sens gnoseologic), epistemologii contemporani definesc alte tipuri de legături. Așa este „corespondența" în sensul lui F. Engels și în sensul lui J. Piaget, și mai ales *izomorfismul,* noțiune împrumutată din matematică (unde nu are un sens unic) și folosită de obicei pentru a desemna aspectul riguros al analogiei, identitatea de structură etc. Modelul izomorfismului a fost folosit de Wiener, de I. Poletaiew [25], de G. Klaus, de P. Apostol și alții.

Ni se pare util să subliniem că reflectarea izomorfă se referă la relații [26]. Adevărul corespunde realității —

[23] Cornel Popa. *Este semiotica o metodă de cercetare?,* în „Revista de filozofie", 1968, vol. 15, nr. 9, p. 1 106.
[24] G. Klaus și W. Segeth. *Semiotik und materialistische Abbildtheorie,* în „Deutsche Zeitschrift für Philosophie", 1962, nr. 10; G. Klaus. *Spezielle Erkenntnistheorie,* Berlin, Deutscher Verlag Wissenschaft, 1965.
[25] I. Poletaiew. *Kybernetik,* Berlin, 1964.
[26] Edm. Nicolau. *Analogie, model, similitudine,* în *Materialismul dialectic și științele contemporane ale naturii,* vol. IV, 1964, p. 102—103. Izomorfismul presupune *biunivocitate.*

„nu termen cu termen, ci cîmp contra cîmp“ [27]. Pentru H. Wald, izomorfism înseamnă tocmai acest lucru. După W. Rüdinger (1966) [28], izomorfismul între *modelul mediului* în *activitatea neuronală* şi *mediu* are limitele sale. Aceasta iese clar în evidenţă tocmai la formele animale superioare. Imaginea proiectată pe retină de către aparatul optic al ochiului nu este transmisă către creier „congruent“, adică punct cu punct (ca în unele dispozitive electronice anexate la fotocelule). Multe sute de milioane de receptori converg la mai puţin de un milion de fibre ale nervului optic. Are loc o codare încă în retină. Numărul neuronilor care reacţionează la obiectele în mişcare este mai mare decît cel sensibil la obiectele în repaus. Sesizarea e inegală şi după direcţia ori sensul mişcării.

O problemă spinoasă a teoriei reflectării este legată de rolul *limbajului*. Ea este mai mult decît reflectarea generalizată, abstractă prin mijlocirea *cuvîntului* (I. P. Pavlov). Vorbirea propoziţională introduce legi ale gramaticii care conectează între ele cuvintele după alt tip de legi decît cele care conectează obiectele şi procesele desemnate. Limba constituie *realitatea gîndirii* (Marx, Engels). Acest adevăr exprimă evident şi caracterul (în ultimă instanţă) social al cunoaşterii.

Semnul, necesar pentru constituirea relaţiei de reflectare, este necesar totodată pentru constituirea relaţiei de comunicare [29]. Regulile sintactice sînt cerute, probabil, în primul rînd, de stabilirea şi exercitarea relaţiei de comunicare. Funcţia informativ-comunicativă a limbilor naturale face din lingvistică aproape un capitol al unei „fiziologii interindividuale“. Totodată, limbajul supus regulilor *logice* se dovedeşte a fi un mecanism de obţinere a unor *performanţe* reflectorii. Spunem „mecanism“ pentru a sublinia caracterul oarecum *artificial* al demersului intermediar. Reflectarea trebuie căutată la sfîrşitul *etapelor* logice şi calculatorii, şi nu în

[27] J. P. Faye. *Savoir et langage*, în „Cahiers internationaux de Sociologie“, iulie-decembrie, 1966, p. 47.

[28] *Mikrokosmos-Makrokosmos*, I, p. 309—310.

[29] P. Apostol. *Puterea cuvîntului*, în „Revista de filozofie“, 1966, vol. 13, nr. 5, p. 710 şi urm.

detaliile acestor etape. Gîndirea nu este *numai* reflectare, ea este şi combinare, invenţie etc. Ea *serveşte* la reflectare. Limbajul „reflectă“ însă legile logice ale gîndirii [30], dar nu este numai instrument de cunoaştere, ci este (poate în primul rînd) instrumentul de comunicare, de transmitere a informaţiei [31]. Gîndirea este, în primul rînd, activitate (demers) de cunoaştere.

În sfîrşit, considerarea gramaticii ca un „automat finit“ (S. Marcus) apropie *valoarea reflectorie* pe care o dăm limbii de valoarea reflectorie pe care o acordăm maşinilor informaţionale (cum se va vedea mai departe).

După G. Klaus (1965), în cazul „adevărului“, elementele obiectului O se reflectă în simbolurile domeniului propoziţiilor P în aşa fel, încît relaţiilor logice dintre simboluri „le corespund“ relaţii reale dintre lucruri. O asemenea concepţie asupra reflectării devine materialistă, după Klaus, dacă şi numai dacă ea recunoaşte că P a fost *produsă* de O, poate exista numai pe temeiul acestuia şi se află cu el într-o interacţiune continuă [32].

După G. Klaus, trecerea de la „fenomen“ (de la percepţia senzorială) la „esenţa“ lucrurilor devine posibilă atunci cînd s-au găsit invarianţii comuni fenomenelor clasei respective. Reflectarea autentică a realităţii este un invariant. Numai ea (şi nu elementele senzoriale ale cunoaşterii) se bucură de proprietatea *obiectivităţii*. De aceea, după opinia lui Klaus, numai pe treapta logică (adică pe treapta enunţurilor) pe care se formulează invariantul caracteristic al unei clase de fenomene se poate vorbi de adevăr şi fals [33].

[30] A. Kreindler, *op. cit.*, p. 189.

[31] *Exprimarea* verbală este la rîndul ei *tributară* fenomenelor respiratorii şi fonatorii, decursului riguros secvenţial şi „unidimensional“ al cuvintelor, ritmului inteligibil pentru alţii etc., ceea ce notifică diferenţe între gîndire şi limbaj interior, între limbaj interior şi limbaj exterior etc. Propoziţia realizează o reflectare „sincronă“ în sensul lui De Saussure, deşi este formulată în *timp*. Pentru problemele reflectării în limbaj vezi Al. Boboc, în vol. colectiv, *Limbaj, logică, filozofie*, Bucureşti, Editura ştiinţifică, 1968, p. 213—261; A. Schaff. *Essays über die Philosophie der Sprache*, Wien, Europa Verlag, 1968.

[32] G. Klaus. *Spezielle Erkenntnistheorie*, p. 85.

[33] *Op. cit.*, p. 126—133, p. 164, 207.

V. I. Kremeanski (1963) a insistat asupra faptului că, în afară de reflectarea izomorfă, e necesar să deosebim şi o reflectare *izotipă* (izotipică). Soluţia „izomorfismului" nu este singura soluţie materialist-dialectică propusă. Pentru Ath. Joja „imaginea" se află în relaţie de *identitate gnoseologică* cu lucrul reflectat, iar pentru P. Apostol este vorba de o relaţie de echivalenţă de un tip special: relaţia de *congruenţă* (care trebuie înţeleasă însă altfel decît o înţeleg geometrii)...

Modelul traducerii. Izomorfismul cu care ne întîlnim la nivelele superioare ale reflectării poate fi înţeles cel mai bine tot cu ajutorul „modelului" lingvistic. *Traducerea* păstrează înţelesul, cu toate că atît cuvintele cît şi regulile gramaticale sînt diferite de la o limbă la alta. *Transcripţia* în alt alfabet este o corespondenţă de la element la element, „punctuală"; *traducerea* este un *alt fel* de corespondenţă.

Structură şi informaţie. Voga pe care o au astăzi modelele şi teoriile structuraliste ne obligă la cîteva cuvinte suplimentare despre relaţiile dintre structură şi informaţie, privite din punct de vedere *gnoseologic* şi *metodologic* [34]. După R. Bastide se pot distinge două sensuri generale ale noţiunii de structură: cel care face din structură o definiţie a obiectului şi cel care face din structură o „construcţie informatoare a obiectului". Numai că această distincţie se cere explicitată [35]. Pentru R. Bastide, *a informa* înseamnă a exprima raporturi concrete [36] (fără „a luneca", totuşi, în realismul vulgar). *A defini* înseamnă a construi un model, un „obiect ştiinţific" într-un limbaj *ştiinţific* în cadrul

[34] Noi admitem că obiectele *sînt* structurate şi că unele procese *au* o structură *în timp*. Ce înseamnă însă *structura* despre care vorbesc unii teoreticieni ai ştiinţelor sociale?

[35] R. Bastide, în vol. *Sens et usages du terme structure*, La Haye, Ed. Mouton, 1962, p. 9—19.

[36] J. Viet. *Les méthodes structuralistes dans les sciences sociales*, Paris, Ed. Mouton, 1965, p. 7.

„universului lingvistic al ştiinţei" (G. G. Granger, 1960). Structurile *corespund* realităţii, sînt *valide*, dar nu sînt nici imaginea lor, nici esenţa abstractă [37]. Atunci cînd relaţiile dintr-un grup sînt exprimate printr-o matrice sau un graf, *definim* o structură. Sîntem la un nivel înalt de reflectare a realităţii care face uz de simboluri convenţionale conectate după reguli specifice lumii simbolurilor. De aceea îşi şi permite, de exemplu, K. Lewin să aplice în psihologie concepte spaţiale (topologice) fără să presupună prin aceasta că lumea psihică se desfăşoară în spaţiu.

Structura (în acest înţeles) este o organizare (construcţie) a simbolurilor informative într-un ansamblu reflectant.

Retrospectivă. Unele modele sînt „naturaliste"; altele aparţin „universului semiotic". S-au propus şi modele cu totul generale, cum este cel al lui J. Zeman, inspirat din teoria sistemelor deschise. Se poate vorbi aci despre flux, degradare, compensare [38] nu numai pe plan energetic, ci şi pe plan informaţional. Autorul tratează astfel atît „transformarea gnoseologică" (obiect-subiect), cît şi „transformarea psihofizică" (creier-conştiinţă).

După cum s-a observat, dificultăţile constau în *conectarea planului informaţional fizic cu cel semiotic propriu-zis*. Depăşirea lor o putem cere de la o *perspectivă evoluţionistă şi genetică.*

INFORMAŢIA ŞI EVOLUŢIA REFLECTĂRII

Rezolvarea consecvent ştiinţifică a problemei originii şi esenţei conştiinţei implică situarea pe poziţiile istoris-

[37] G. G. Granger deosebeşte modele energetice, modele informaţionale (cum este modelul limbii la Saussure) şi modele cibernetice.

[38] J. Zeman. *Das Gefälle-Modell in der Ontologie und Erkenntnistheorie*, în *3 International Congress for Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Amsterdam, 1967, abstracts, p. 100.

mului, cu alte cuvinte presupune recunoașterea reflectării ca una dintre însușirile generale ale materiei, „din și prin evoluția căreia s-a ajuns la gîndirea umană cu toată bogăția ei de forme și manifestări“ [39]. De această idee s-au apropiat materialistul Diderot (care a numit această însușire „sensibilitate“) și idealistul Hegel (care a vorbit despre „ridicarea“ spiritului din natură și a sesizat corect „fazele“ excitabilității, sensibilității, rațiunii sau gîndirii); ea a fost formulată de pe pozițiile materialismului dialectic de către Marx, Engels, Lenin, care au recomandat considerarea *preistoriei* fenomenelor vieții noastre sufletești în cadrul *istoriei* generale a naturii [40]. Conștiința apare ca rezultat al dezvoltării dialectice a unei anumite însușiri a materiei (reflectabilitatea); dialectica asigură astfel fondul teoretic al depășirii opoziției dintre mecanicism și hilozoism.

Evoluția reflectării după I. Cotăescu. Fiziopatolog cu formație complexă (a fost anatomist și medic internist), I. Cotăescu a publicat în 1965 o prezentare a evoluției reflectării, care nu face uz de conceptul de informație [41]. Punctul de plecare este *interacțiunea.* Mediul influențează organismul viu prin mijlocirea contradicției interne specifice acestuia din urmă. „Dacă modificarea produsă în organismul viu este favorabilă acestuia, se poate vorbi de o reflectare adecvată“. Așadar, *reflectarea* adecvată (care nu este doar *reacția* adecvată) este apreciată ca adaptare. Modificarea favorabilă supraviețuirii și înmulțirii, transmisibilă ereditar, definește *reflectarea ireversibilă.* Pe fondul evoluției filogenetice, fiecare organism are capacitatea unor reacții fiziologice adecvate, care se cuprind în categoria *reflectării reversibile.* Evoluția reflectării reversibile este legată de evoluția excitabilității. În regnul animal, reflectarea devine mediată de sistemul nervos, care rămîne singurul țesut „al cărui metabolism și activitate fiziologică sînt modelate direct de către factorii de mediu“. Capacitatea de reflectare reversibilă adecvată este considerabil mărită de către reflexele condiționate, introducînd călăuzirea prin semnale și principiul legăturii temporare (care se poate forma și stinge). I. Cotăescu subliniază faptul că semnalul declanșează activitatea pe baza unei *experiențe trecute*, deci ar fi o reflectare retrospectivă, și nu anticipativă [42].

În ansamblu se poate spune că evoluția reflectării a mers de la reflectarea ireversibilă aproximativ adecvată la reflectarea reversibilă din ce în ce mai adecvată.

Poziția lui I. Irimie. Pentru acest autor [43], noțiunea de *cantitate de informație* nu poate suplini „o noțiune a informației elaborată în mod rațional“. I. Irimie crede, de la început, că trebuie să ne eliberăm de ideea după care informația e *măsură* a ceva: de exemplu, „măsura neuniformității distribuției materiei și energiei în spațiu și timp“, cum admite V. M. Glușkov [44], sau o *măsură a reflectării ordonate* (Novik).

În căutarea unui gen proxim, I. Irimie se oprește la cel al *conexiunii* [45]. Diferența specifică este legată de ideea comenzii și conducerii, a reglării și autoreglării [46].

Se poate vorbi, de asemenea, de o „cauzalitate informațională“ [47]. Dacă N. Musabaeva pune accentul pe faptul că „structura efectului poartă informație despre

[39] I. Irimie. *Reflectarea ca însușire a întregii materii*, în „Revista de filozofie“, 1965, vol. 12, nr. 4, p. 529.

[40] *Ibid.*

[41] I. Cotăescu. *Reflectarea în lumea vie*, în „Revista de filozofie“, 1965, vol. 12, nr. 2, p. 169—184.

[42] *Op. cit.*, p. 182

[43] I. Irimie. *Despre definirea informației*, în „Tribuna“ (Cluj), 1964, an. 8, nr. 37 (397), p. 1 și 8.

[44] V. M. Glușkov. *Gîndirea și cibernetica*, în „Probleme filozofice“, 1963, nr. 1, p. 41.

[45] N. Musabaeva. *Kibernetika i kategoria pricinnosti*, Alma-Ata, Izd. Kazahstan, 1965, p. 15, 23, 25.

[46] Vezi și B. S. Ukrainţev. *O vozmojnostiah kibernetiki v svete svoistva otrajenia materii*, în vol. colectiv *Filosofskie voprosi kibernetiki*, Moskva, 1961, p. 115 (citat de I. Irimie).

[47] I. Irimie. *Despre cauzalitatea informațională*, în „Revista de filozofie“, 1967, vol. 14, nr. 2, p. 135—145.

cauză“ [48], I. Irimie se referă la faptul că o „cauză informațională nu se consumă în efectul său“. *Universul informațional* se leagă (prin primul efect și ultima cauză), este „sprijinit“ de *universul absolut* al substanței și energiei și se îmbină cu acesta. De aceea este mai corect să vorbim de cauze și efecte „*esențialmente* informaționale“, și nu pur și simplu de cauze și efecte informaționale.

Important este faptul că pe plan informațional există alte legi de transformare și de conservare decît pe plan energetic. *Cauzalitatea informațională se deosebește de cauzalitatea energetică* mai ales prin aceea că prima, „*în măsura gradului ei de independență, nu se supune legii conservării și transformării materiei și energiei*“ [49].

Pe planul strict informațional devine posibilă construirea unui *perpetuum mobile:* un anumit „acumulator“ informațional (de exemplu o operă intelectuală), încărcat cu o anumită cantitate și calitate de informație, *ar putea* fi (teoretic) sursă și cauză inepuizabilă de efecte informaționale. *Practic*, acest lucru nu e posibil, deoarece acest plan este tributar într-o oarecare măsură suportului energetic. Degradarea energetică inevitabilă impune *alimentarea* acestui „acumulator“. Dar cum se poate *acumula* informație? Spre deosebire de ceea ce întîlnim pe plan energetic, informația se poate acumula într-un sistem fără ca alte sisteme să piardă *informația;* în schimb, informația poate în mod absolut să scadă, să se piardă, să se distrugă irecuperabil, spre deosebire de energie. Cînd *crește* (și crește — în modul cel mai evident — *informația-cunoaștere*), ea consumă însă energie.

În fine, „informația născută din evoluția generală a sistemelor materiale a devenit ea însăși, la rîndul ei, unul din factorii cei mai de seamă ai devenirii generale, ai accelerării acesteia... Evoluția biologică și, mai ales, cea socială sînt esențialmente legate nu atît de acumularea de energie, de apariția unor forme noi ale acesteia, cît de acumularea de informație“, de evoluția *universului informațional* [50].

Care sînt atunci relațiile dintre informație și reflectare? Criticînd teza apărată de M. Steriade, după care psihicul este „forma cea mai evoluată a mișcării materiei biologice“ [51], I. Irimie afirmă că ea nu poate fi admisă „dacă se înțeleg corect, mai ales dialectic, raporturile care există între cele trei planuri principale ale existenței: materie, mișcare, reflectare“ [52]. Reflectarea, ca însușire a oricărei materii în mișcare, „nu e niciunde și nicicînd materia însăși“. Reflectarea e *expresia* pe care sistemul care reflectă o dă celui reflectat. Ea este un *fenomen de relație*: „modul în care ceva există în altceva“.

În acest sens se afirmă că „*raporturile reflectării cu materia sînt asemănătoare cu cele ale informației*“. Teza lui N. Wiener că informația e informație, și nu materie, și nu energie, poate fi extinsă și asupra reflectării... Am putea spune: „reflectarea e reflectare, și nu formă de mișcare a materiei“. Ca și informația, care totodată depinde și nu depinde de energia care o poartă, „fenomenele psihice, atît din punct de vedere ontologic, cît și gnoseologic, sînt și *dependente* și *nedependente* de materia sistemelor din interacțiunea cărora se nasc“ [53]. Se schițează astfel o „triadă“ materie—mișcare—reflectare, în corespondență dialectică complexă cu „triada“ substanță—energie—informație.

După I. Irimie, în raporturile de natură reflectorie există doar în formă implicată (potențială) momentul informației. Informația nu se leagă de orice interacțiune și nici de orice reflectare. Mișcarea înseamnă într-un anumit sens interacțiune; moment al oricărei

[48] L. N. Brodski vorbea despre „transmiterea structurii cauzei, structurii efectelor“ („Vestnik Leningr. Univ.“, 1963, nr. 17, p. 68—72).

[49] I. Irimie. *Op. cit.*, p. 143.

[50] *Op. cit.*, p. 145.

[51] M. Steriade. *Creier și reflectare*, București, Editura politică, 1966, p. 104 și 127.

[52] I. Irimie. *Gîndirea și materia care gîndește*, în „Revista de filozofie“, 1966, vol. 13, nr. 8, p. 1 110.

[53] *Ibid.*, p. 1 111.

interacțiuni apare a fi reflectarea; unul dintre cazurile particulare din tipurile acesteia e informația; forma cea mai înaltă a reflectării informaționale urmează a fi gîndirea, conștiința [54]. Natura, rolul și valoarea semnelor și semnalelor pot fi înțelese mai bine considerînd informația ca un gen sau *un mod aparte* de reflectare (și nu ca ceva *distinct* de reflectare, cum crede B. S. Ukrainţev).

Ce fel de reflectare este atunci aceea care nu este informațională? Firește, o reflectare *energetică*, legată de interacțiuni de tip energetic. Reflectarea informațională este *fixată* întotdeauna pe fondul reflectării de tip energetic; informația „se brodează" pe energie. Putem vorbi de reflectare informațională atunci cînd ea există ca semne și semnale, ca ceva și în ceva ce are valoare nu prin energia sa, ci prin semnificație.

Fenomenul informației este atunci un caz particular al *medierilor*. Informația e mediere, pentru că prin intermediul semnificației lui *B* (care e nemijlocit reflectare energetică a lui *A*), *A* se reflectă informațional în *C*. Concret și practic, informația e mediere, pentru că, de obicei, mijlocește prin sine relațiile energetice a două sisteme. În mașinile cibernetice *există* informație, dar această informație nu există *pentru ele*, ci pentru om.

Autorul distinge cinci etape principale ale dezvoltării dialectice a reflectabilității:

a) *etapa formelor fizice ale reflectării* (care rămîne ca moment depășit în cadrul tuturor celorlalte forme ale reflectabilității). În această clasă de fenomene intră, de pildă, formarea imaginii într-o oglindă („oglindirea" *stricto sensu*);

b) *etapa afinităților chimice*. Aci se evidențiază momentul adecvării. Analizele chimiei calitative se bazează în ultimă instanță pe „preferințele" pe care o anumită substanță le are de a intra în reacție cu un anumit cerc de alte substanțe;

[54] I. Irimie. *Reflectare și informație*, în *Materialismul dialectic și științele naturii*, vol. X, București, Editura politică, 1965, p. 571.

c) *etapa excitabilității*. „Apariția vieții, ca punct nodal din evoluția naturii, reprezintă și un punct nodal pentru evoluția reflectării". Excitabilitatea asigură organismelor *integrarea* părților și elementelor lor într-un întreg (sistem dinamic), precum și *integrarea* acestui întreg în mediul său de viață. Organismele sînt sisteme de comandă și autocomandă, de reglare și autoreglare; în ele, alături de aspectul substanțial și energetic (și prin ele) găsim și un aspect informațional; de aceea organismele sînt primul tip sau gen de sisteme cibernetice. Prelucrarea informațională devine condiție vitală pentru asigurarea homeostaziei energetice a organismului în cauză. În cadrul fenomenului excitabilității, *„pe fondul relațiilor energetice, începe brodarea relațiilor de tip informațional* ... pe fondul unor genuri de reflectare energetică (pe un fond biochimic), încep să se fixeze fenomenele reflectării informaționale" [55]. Aspectul informațional devine cu totul evident în cazul excitabilității proprii a sistemului nervos. În acest caz găsim note specifice „exprimate generic prin termenul de sensibilitate";

e) *etapa psihicului*. Sensibilitatea este o „excitabilitate devenită capacitate de a avea senzații". Saltul la senzație este însă un punct nodal extrem de complicat. Senzația poate fi privită ca cea mai elementară formă psihică de reflectare. Ea apare (numai) pe o anumită treaptă de dezvoltare a sistemelor animale, în legătură cu *căutarea* condițiilor esențial vitale (de exemplu hrană), căutare care ridică probleme de orientare și deplasare într-un mediu *variabil*. Apar (progresiv): necesitatea semnalizării de la distanță, a semnalizării condiționate, a prelucrării datelor semnalizării și a elaborării pe această cale a comenzilor care să ducă la o reacție adecvată. Integritatea și individualitatea organismului, homeostazia sa energetică nu pot fi asigurate decît pe baza prelucrărilor de ordin informațional. Sistemul organic destinat recep-

[55] I. Irimie. *Reflectarea ca însușire a întregii materii*, în „Revista de filozofie", 1965, vol. 12, nr. 4, p. 533.

ționării și prelucrării „informațiilor" este sistemul nervos.

O notă importantă a senzației este subiectivitatea. Saltul la senzație marchează apariția opoziției *obiect-subiect;*

d) *fenomenul conștiinței.* Gîndirea este condiția ca psihicul „să devină" conștiință. Saltul la gîndire corespunde saltului *vieții* la *om.* Omul și gîndirea sînt însă produsul muncii, al vieții sociale. Apar astfel „noi operații ale prelucrărilor informaționale" [56]: abstractizare, generalizare, comparare, inducție, deducție etc., și, ca produs al acestor prelucrări, imagini subiective generalizatoare. Gîndirea este „cea mai înaltă formă a reflectării în general, a reflectării informaționale în special"; este *reflectarea devenită cunoaștere.* Opoziția dintre obiect și subiect devine opoziția dintre material și ideal. Subiectul devine adică conștient de opoziția *sa* cu tot restul, omul „raportează la sine", iar conștiința este și „autoconștiință sau conștiință de sine". Materia devine conștientă de propria sa existență, sau (după cuvintele clasicilor marxiști) conștiința este „existență (care este) conștientă".

Ca *opus* al materiei, conștiința există însă numai *în* și *prin* opusul său, care este materia organizată în mod (cu totul) superior. Legăturile materie-conștiință se fac prin însușirea reflectării.

Poziția lui I. Moraru. I. Moraru [57] argumentează teza lui Lenin [58] după care reflectarea trebuie înțeleasă ca o *reproducere.* Este și ideea lui B. S. Ukrainţev (1963), după care reflectarea este „o reproducere în altă formă a particularităților unui sistem în particularitățile altuia"; dar I. Moraru subliniază că este vorba întotdeauna de un *mod specific* de reproducere

[56] I. Irimie scrie: „prelucrarea informațiilor conținute în senzații, percepții etc.".

[57] I. Moraru. *Reflectare, informație și relația dintre ele,* în „Revista de filozofie", 1966, vol. 13, nr. 1, p. 47—56.

[58] V. I. Lenin. *Opere complete,* vol. 29, București, Editura politică, 1966, p. 154.

a reflectatului și — la nivel uman cel puțin — de o reproducere *activă.*

Autorul recunoaște că și sistemele artificiale, create de om, sînt capabile de reflectare: de exemplu, televizorul realizează o *reflectare obiectivă mijlocită în formă de imagine obiectivă.*

Trecînd la analiza noțiunii de informație, I. Moraru reține din opera cibernetică a lui N. Wiener un pasaj în care acesta are în vedere *semnificația gnoseologică* a informației; dar nu respinge și alte sensuri (ne-gnoseologice) ale acestei noțiuni [59].

Informația poate fi materială, dar și *ideală* (în noțiune, judecată etc.). O astfel de *rezolvare exclude,* evident, *poziția celui „de-al treilea plan"*, care încearcă să scoată informația în afara materialului și idealului.

Ca și I. S. Narski (1963), I. Moraru consideră că semnificația este întotdeauna o verigă mijlocită în lanțul reflectării: este „un invariant al informației, pe care o poartă semnul". Aici I. Moraru se depărtează de V. Preda [60], care, vorbind despre reflectare în biologie, deosebește trei verigi: informație, semnificație, comandă. *Semnificații conștiente* nu are decît omul.

Ca și B. S. Ukrainţev (1963), autorul admite că informația și reflectarea sînt noțiuni distincte: informația este o proprietate particulară a materiei, strîns legată de comandă și control (deci de apariția sistemelor dinamice complexe). Aici el se depărtează de F. P. Tarasenko [61], după care cele două noțiuni au același conținut: însă în timp ce *informația* ar fi o abstracție a cibernetici (interesată de aspecte canti-

[59] Autorul citează distincția pe care o face L. M. Vekker (1963) între „informație documentativă" și „informație de comandă" și preconizează o *încercare de clasificare a informației.*

[60] V. Preda. *Informație și semnificație,* în „Revista de filozofie", 1964, vol. 11, nr. 1, p. 110—111.

[61] E. P. Tarasenko. *Contribuții la definirea noțiunii de informație în cibernetică,* în „Probleme filozofice", 1963, nr. 4.

tative), *reflectarea* ar fi o abstracție a filozofiei (interesată de aspecte calitative) [62].

Ca și I. Irimie (1965), autorul admite că informația este un *caz particular* al reflectării. Reflectarea (care nu este numai reflectare „cognitivă") este o categorie a *teoriei cunoașterii*. Informația este obiectul de studiu al unei științe particulare care este cibernetica.

În sfîrșit, pornind de la o idee a lui J. Lederberg (1966), I. Moraru admite că, în dezvoltarea vieții pe pămînt, materia a parcurs trei stadii : a) al *chimiogeniei*, care marchează trecerea de la anorganic la organic; b) *al biogeniei*, legat de apariția acizilor nucleici, a proteinelor, celulelor, organismelor etc.; c) *al cognogeniei*, cînd apare capacitatea reflexivă ca urmare a apariției și dezvoltării organelor reflectorii specializate, a organizării sistemului nervos și a dezvoltării sistemelor de semnalizare. „Organele de simț și neuronul formează o direcție particulară de evoluție" [63]. Autorul preconizează întemeierea unei științe de interferență care să studieze acest *stadiu* și această *direcție*.

Poziția lui A. Kreindler. Procesul neurofiziologic *sine qua non* al reflectării este, după A. Kreindler, *activitatea* reflexă, *reflectivitatea* [64]. În accepția autorului, *caracterul informativ* al unui excitant este legat de „semnificația sistemului pentru organismul dat" și în particular de aspectul neașteptat al semnalului [65]. „Funcția simbolică" apare la om o dată cu apariția celui de-al doilea sistem de semnalizare. Primul sistem de semnalizare folosește *semnale*. Cuvîntul e un *semnal al semnalelor* (I. P. Pavlov), dar și un substituent eficace

[62] Ca atare, Tarasenko susține că obiectele nevii sînt purtătoare pasive de informație, iar lumea vie este consumatoare de informație.

[63] I. Moraru. *Cîteva considerații despre forma biologică de mișcare a materiei din punctul de vedere al teoriei reflectării*, în „Revista de filozofie", 1967, vol. 14, nr. 4, p. 414.

[64] *Ibid.*, p. 65.

[65] Acordarea optimală a aferențelor este asociată cu mecanisme de *căutare* a informațiilor relevante *(goalseeking mechanismus)*.

al unui semnal (de aceea este un „excitant fiziologic real"). Ce înseamnă *semnal semnificativ?* Semnificația o dă caracterul de reflectare, transmiterea unui mesaj.

Poziția lui Eli Katz [66]. Informația este o formă specifică de legătură între sisteme dinamice complexe; reflectarea este o însușire generală a materiei. Reflectarea superioară, ca *proces activ*, este un proces de *disjungere* și *raportare* pe care-l au numai sistemele vii (eventual automatele tehnice care sînt „rezultate ale organizării materiei nevii de către materia vie"). Asemenea formații active se pot numi *subiecte;* ele „sortează setul de evenimente, atribuie probabilități de apariție fiecărui eveniment" (ceea ce presupune memorie, acumulare de experiență, „sinteză în timp"). După cum se vede, *subiectul* este un „automat shannonian"; E. Katz nu poate concepe o altă definiție a cantității de informație decît cea shannoniană, legată de abolirea unei incertitudini. *Activitate* înseamnă separare, calcul probabilistic și raportare.

În cadrul reflectării au loc interacțiuni „slabe", în sensul că fiecare din sistemele care interacționează nu suferă modificări esențiale. Această observație ni se pare importantă din perspectivă energetică.

Întotdeauna produsul procesului de reflectare este, după E. Katz, o *sinteză* a proprietăților reflectatului și reflectantului. Pentru autor, „adecuitatea este măsura adîncimii procesului de epurare a conținutului de elementele reflectantului în general, de elementele subiectului și de cele întîmplătoare, neesențiale ale obiectului în particular" [67]. Ar fi mai potrivit să vorbim despre *capacitate informațională* mai mare sau mai mică la nivelul reflectării elementare și de (grad de) adecvare la nivelul reflectării superioare.

Reflectarea în forma ei elementară este premisa desfășurării proceselor informaționale, cît și a celor de

[66] E. Katz. *Informație și reflectare*, în *Materialismul dialectic și științele naturii*, vol. X, București, Editura politică, 1965, p. 517—548.

[67] *Op. cit.*, p. 529.

reflectare superioară, căci în ambele cazuri este necesar să se păstreze nealterată esența sistemelor aflate în interacțiune. Apariția legăturii informaționale este premisa dezvoltării formei superioare de reflectare. Lărgirea și elaborarea mijloacelor de reflectare în lumea vie au mers pe trei căi : a) specializarea : reflectarea diferențiată a diferitelor acțiuni prin traductoare specializate ; b) sensibilizarea : în sensul creșterii puterii de distingere a nuanțelor (a variațiilor cît mai mici) de către traductoare ; c) creșterea capacității informaționale : posibilitatea transpunerii a cît mai mult din *informația virtuală* a fenomenului recepționat.

Grație informației s-a putut trece de la *evitarea acțiunii dezorganizatoare* a mediului la *organizarea* acestuia în raport cu necesitățile omului.

Legătura informațională prin semn, prin simbol, face posibilă circulația socială a informației, prin care omul capătă nu numai „informație directă", ci și „informație indirectă", rezultat al reflectării superioare în alți oameni. Omul a realizat instalații cu care se obțin informații din interacțiuni care nu sînt de tip reflectare, adică în care intensitatea interacțiunii duce la schimbarea esenței sistemului material studiat (experimentare etc.). În felul acesta, omul „lărgește sfera legăturilor informaționale".

E. Katz argumentează teza după care alegerea comenzii, decizia, este un moment *ce-l depășește și pe acela al reflectării superioare*. Ea implică însă, pentru realizarea unuia din evenimentele posibile, anularea probabilităților de realizare ale tuturor celorlalte. După autor, procesul cu gradul cel mai mare de generalitate este dirijarea, și nu reflectarea, deoarece aceasta include atît reflectarea, cît și comanda. În dirijare, rezultatul executării deciziei devine obiect de reflectare : legătura inversă, „axă" a ciberneticii.

Concepția lui I. B. Novik. Referindu-se la un citat din Engels, care caracteriza energia ca „măsură a mișcării" (mișcarea fiind, la rîndul ei, un atribut al materiei), I. B. Novik propune interpretarea după care

informația este ordonarea reflectării sau reflectarea ordonată [68]. Reflectarea este înțeleasă, conform ipotezei lui V. I. Lenin, ca un atribut al materiei, ca „veriga ce leagă materia de conștiință". Zgomotul este atunci reflectare neordonată, măsura haosului reflectării. Informația și zgomotul sînt variante opuse ale reflectării.

Pe urmele lui A. A. Harkevici (1955), autorul propune un principiu de conservare (care ar „generaliza" ambele principii ale termodinamicii) : într-un sistem închis se conservă „cantitatea totală de reflectare", adică suma dintre informație și zgomotul N :

$$I + N = const.$$

Cu alte cuvinte, dacă negentropia este expresia măsurii ordonării substanței materiale, informația este măsura ordonării *atributului* ei — reflectarea : „comanda și controlul constituie un proces de ordonare a unor obiecte materiale". Procesele în care intervine informația (reglatoare) au un caracter antientropic. Informația este legată de ordonarea atributului de reflectare, inseparabil de materie [69].

I. B. Novik preconizează completarea „matematicii *informației*" cu o „fizică a reflectării" [70]. El amintește că, încă în 1935, S. I. Vavilov cerea ca în fizică să se introducă un „fenomen primar elementar", o „facultate asemănătoare cu senzația". Oricum, fizica reflectării este, în primul rînd, o fizică a proceselor antientropice [71]. Autorul respinge din principiu — pe urmele lui Engels — eventualitatea „morții termice" a universului, ca și generalizarea acestei teze (făcută de N. Wiener) — „moartea informațională". Novik preconizează studiul dialecticii specifice dintre informație și zgomot și elaborarea unei teorii statistice adecvate

[68] I. B. Novik. *Negentropia și cantitatea de informație*, în „Probleme filozofice", 1962, nr. 6, p. 138—150.

[69] *Ibid.*, p. 150.

[70] De observat că, după părerea noastră, matematica informației trebuie completată mai întîi cu o *fizică a informației*.

[71] I. B. Novik. *Kibernetika. Filosofskie i sotsiologhiceskie problemî*. Moskva, Izd. Polit. Lit., 1963, p. 79.

acestui „dualism", așa după cum s-a elaborat o statistică potrivită pentru studierea dualismului microobiectelor (undă-corpuscul).

Activitatea ordonată a omului, legată de recepționarea și de utilizarea informației, are, firește, un caracter antientropic. „Pretutindeni unde întîlnim activitate omenească (fie că este vorba de sfera producției materiale, fie de cea a producției de idei — în știință) se manifestă una dintre formele procesului de comandă, considerat în sensul cel mai larg ca proces de reglementare (organizare) a realității obiective".

Concepția lui J. Zeman. Pentru J. Zeman, informația nu este un termen pur matematic, ci și (sau mai ales) un termen filozofic. El nu este legat numai de cantitate, ci și de calitate. Nu e numai „o măsură a organizării, ci, de asemenea, organizarea legată de principiul ordinii, adică organizatul ca rezultat și organizarea ca proces" [72].

Informația este calitatea de a fi organizat, capacitatea de a organiza, de a clasa, de a crea; alături de spațiu, timp și mișcare, informația este un concept fundamental, o categorie care se referă la calitatea de evoluție, la capacitatea de a atinge calități superioare.

J. Zeman este preocupat mai ales de perspectivele aduse de „teoriile" informației în gnoseologie [73]. A. Ursul observă că, prin mijlocirea teoriei informației, Zeman introduce metodele matematice în filozofie [74]. De fapt, Zeman preferă interpretarea lui W. Ross Ashby (informația ca varietate sau diversitate) celeia „clasice" a lui Shannon și are rezerve asupra gradului de satisfacție pe care-l poate da filozofului o teorie probabilistă. În schimb, i se pare esențială legătura dintre informație și negentropie și insistă asupra

[72] Vezi *Le concept d'information dans la science contemporaine*, 1965, p. 284—285.

[73] J. Zeman. *Poznané a Informace*, Naklad. Cehkoslov. Akad., 1962.

[74] Prefața la J. Zeman. *Poznanie i informații*, Moskva, Izd. Progress, 1966.

faptului că acest ultim concept este aplicabil și la sisteme care nu sînt statistice. Acordă „teoriei" informației un rol important în tendințele actuale de unificare a științei (alături de teoria sistemelor și de cibernetică), incluzînd aci și găsirea unei limbi universale.

Procesul de cunoaștere este privit ca o unitate a contrariilor (subiect-obiect), desfășurat după scheme cibernetice: de *feed-back* (conexiune inversă subiect-obiect) și de strategie a jocurilor [75] (avem întotdeauna o informație, care nu e deplină, asupra „partenerului"). Din punctul de vedere al științei informației, cunoașterea e o recepție a unei comunicări. Recepția este însă un proces *activ* [76]. Din punctul de vedere al metodologiei, cunoașterea este o cunoaștere prin *modele*. Cunoașterea valabilă este prin modele izomorfe. „Diversitatea finită" a minții noastre obligă la abstracții și simplificări ale căror aspecte negative au fost exagerate de către sceptici; J. Zeman vrea să arate că tocmai aceste limitări fac posibilă cunoașterea. În reflectarea gnoseologică „se pierde" din bogăția obiectului (pentru că s-au *ales* note distinctive), dar se și creează legături noi.

Autorul face distincție între aspectele psihologice și cele gnoseologice ale memoriei, cunoașterii etc. și introduce termenul de „canal gnoseologic".

Organismele vii, ca și societatea, sînt privite ca „sisteme cibernetice autoreglatoare care prelucrează informație", dar informația, corelativă cu organizarea, este legată de forme de mișcare superioare ale materiei [77]. Și practica socială include recepție și prelucrare de informație, ca și conexiuni inverse.

[75] J. Zeman. *Poznanie i informații*, p. 82.

[76] Subiectul are un *rol* în reflectarea lumii și influențează obiectul pentru a-l cunoaște. În creație, informația (informarea) se îndreaptă transformator spre obiect; dar și reflectarea obiectului în subiect este de fapt atît recepție, cît și *emisie* de informație (p. 130).

[77] *Op. cit.*, p. 129. Există emisie de informație în circuitele de autoreglare ale organismelor vii și în transmisia ereditară. Zeman nu respinge eventualitatea ca „informația empirică, psihică" să devină informație genetică.

Dincolo de caracterizarea probabilistă a informației, Zeman acceptă o definire prin algoritmi (pe plan matematic) și prin structură, organizare, formă. Notele psihologice și cele termodinamice se contopesc în observația după care informația măsoară ceea ce e excepțional, improbabil, imprevizibil. Scăderea entropiei este excepțională : deci și viața.

În acord cu J. Hummel (1942), Zeman vede în evoluția (biologică mai ales) o creștere a ordinii, o utilizare preferențială a energiei pentru creșterea gradului de organizare. Dezvoltarea înseamnă o trecere spre excepțional. Pentru această înălțare a gradului de organizare, Woltereck a propus numele de anamorfoză; creșterea entropiei este, dimpotrivă, catamorfoză, devalorizare energetică. În sistemele vii, entropia scade prin import de substanțe (sisteme deschise); Zeman arată că ea poate să scadă și prin conexiuni de informație (de exemplu, *cuvintele* ce ni se spun „aduc informație", adică negentropie). Mergînd mai departe decît Brillouin în cercetarea termodinamică a intervenției „inteligenței", Zeman afirmă : teza după care creșterea entropiei (termodinamice) este întotdeauna cel puțin egală cu cîștigul de informație nu se poate generaliza. O dată cu dezvoltarea cunoașterii, cîștigul de informație depășește pierderea de negentropie [78]. Gîndirea ușurează (atît temporal cît și energetic) dobîndirea de informație și scade consumul de negentropie. Această informație permite controlul unor mari cantități de energie (entropie).

Informația „se condensează" în conștiință, dar acest proces nu are loc niciodată fără zgomot (entropia poate să scadă, dar nu să se anuleze). „Participarea" subiectului aduce un plus de entropie (depinzînd, de exemplu, de procesele microfizice statistice din creier, de metalimbaj etc.). „Cunoașterea absolută" nu poate fi decît o însușire sau o performanță a materiei infinite — și aceasta se exprimă prin „modelul matematic"

$$IH = K,$$

[78] *Op. cit.*, p. 141—145.

unde H este entropia (termodinamică) [79]. Contribuțiile subiectului sînt, așadar, și pozitive și negative.

Bilanțul — la scara omenirii — este pozitiv. Obiectul, subiectul și practica alcătuiesc un ciclu cibernetic în care omul nu numai cunoaște, dar și schimbă lumea. Prin acest ultim proces, omul transferă, în exterior, negentropie. Munca actualizează probleme informaționale. „Umanizarea" lumii, ca reorganiza e a lumii obiective (după expresia lui Hegel), nu are limite de principiu. *Calitativ*, lumea este potențial infinită (Kolman, 1946) grație mișcării sociale. În acest proces se cuprinde și evoluția mașinii, ca și a omului, care evoluează o dată cu ele (și prin ele), devenind principala sursă de informație și negentropie.

Pentru J. Zeman, informația e *legată de timp* (problemă pe care am tratat-o în altă parte).

Se poate vorbi de informație *potențială* și de informație *actuală;* trecerea de la una la alta se face prin consum de energie (energizare și reenergizare). Orice proces de informare este caracterizat printr-o „rezistență dinamică" ce trebuie învinsă. Informația actuală poate însemna ceva *relativ* nou; ea *poate* să-și piardă valoarea de noutate, de originalitate (dar acest proces nu e obligatoriu sau inevitabil).

Punctul de vedere al lui J. Piaget. J. Piaget observă [80] că în științele despre om se întîlnesc „mari probleme" care nu au aproape de loc de-a face cu cele ale lumii anorganice, dar care „prelungesc, dimpotrivă, destul de direct, anumite probleme ale științei despre viață" (biologice). Aceste probleme sînt : 1) dezvoltarea sau evoluția, înțeleasă ca o „producere treptată de forme organizate" (problemă *diacronică*, de construcție a unei noi structuri); 2) echilibrul prin reglare (problemă sincronică); 3) schimbul (nu numai material, ci și de informație). „Funcționarea" — în același timp

[79] *Op. cit.*, p. 211.

[80] *Mecanisme comune în științele despre om* (Congresul de sociologie de la Evian, 1966), tradus în *Teorie și metodă în științele sociale*, București, Editura politică, 1967, p. 26—57.

producere, schimb și echilibrare — presupune necontenit hotărîri sau alegeri (selecții), informări și reglări. Informarea este necesară atît producerilor, cît și schimburilor și reglărilor.

În afară de structurile și valorile de funcționare, J. Piaget introduce noțiunea de *semnificație:* un element poate să constituie reprezentantul sau vestitorul unor structuri sau funcționări ulterioare. Sînt importante cazurile în care reprezentantul ține de un stocaj sau de o rezervă de informare utilizată ulterior (informare genetică, *feed-back*).

J. Piaget mai deosebește *utilitățile primare* (funcționale) de cele secundare (referitoare la cost sau la cîștig). Trebuie să ținem seama de *energiile disponibile*, în sensul randamentului lor. Autorul opune, așadar, valorile de finalitate valorilor de *randament*, și „anexează" ultimei noțiuni preocupările de teoria jocurilor.

J. Piaget se ocupă de reacțiile dezlănțuite de indicii sau de semnale: prin *indiciu* înțelege „un semnificant nediferențiat de semnificatul său (excepție făcînd funcția sa semnalizatoare), în sensul că el constituie o parte, un aspect sau un rezultat cauzal al acestui semnificat". Sunetul clopoțelului în experiențele lui Pavlov este un astfel de indiciu. La primatele superioare și la om apare un ansamblu de semnificanți diferențiați de semnificațiile lor: ei nu mai aparțin obiectului sau evenimentului desemnat, ci sînt produși de subiect (individual și colectiv) în vederea evocării sau reprezentării acestor semnificații. Sînt *simboluri* și *semne;* funcția corespunzătoare este cea *semiotică.* Pe baza studiilor sale de epistemologie genetică, J. Piaget deosebește nivelul *simbolurilor:* semnificanți „motivați" printr-o asemănare sau o analogie oarecare cu semnificații. Formarea lor este legată (și) de imitație. Al doilea nivel — al *limbajului articulat* — presupune o transmitere socială sau educativă; semnul este convențional și „arbitrar", *cum cere natura sa colectivă* [81]. Sistemul semnelor este avantajos din

[81] *Op. cit.*, p. 52.

cauza mobilității sale de construcție și a numărului considerabil de semnificații pe care este capabil să le transmită. Piaget admite că funcția semiotică este mai largă decît cea exprimată prin limbajul verbal. Există o semiotică *preverbală* și există simbolisme superioare (printre care s-ar număra și miturile).

LOCUL „AUTOMATELOR INTELECTUALE" ÎN TEORIA ȘI ÎN EVOLUȚIA REFLECTĂRII

a) *Preambul.* Se știe că încă în secolul al XIII-lea, Raymondus Lullus a avut ideea unui „procedeu mecanic de găsire a adevărului". La Leibniz ideea a luat o amploare deosebită, astfel încît acesta poate fi considerat ca adevăratul precursor al logicii matematice și al matematicii automate. Hegel, Engels, Lenin au militat pentru lichidarea divorțului dintre logică și ontologie. Teza lui Marx după care idealul este materialul transplantat în mintea omului și prelucrat de acesta este valabilă nu numai pentru *conținutul* idealului, ci și pentru formele lui. De aceea și „teza posibilității mecanizării procesului de gîndire, adică a utilizării mașinilor pentru rezolvarea unor probleme de logică, este profund materialistă și, totodată, dialectică" [82]. Rezultatele abstracte ale logicii își pot găsi o aplicare exterioară logicii pentru că sînt o reflectare a unor relații din realitate, *care au o foarte largă răspîndire.* Ca atare, și rezultatul „obținut de gîndirea noastră printr-o serie de operații logice are și el ca prototip un anumit proces obiectiv sau *obiectiv posibil*, o anumită stare obiectivă sau *obiectiv posibilă* a unui lucru" [83].

[82] S. M. Șaliutin, *op. cit.*, p. 52.

[83] *Op. cit.*, p. 54—55. Am făcut sublinieri care se acordă cu teza noastră după care știința informației și cibernetica nu sînt numai științe de realități existente, ci („împrumutînd" aici o caracteristică banală a tehnicii) și științe ale realității *obiectiv posibile*, devenită realitate *existentă*, de exemplu, grație intervenției creatoare umane.

Devine astfel inteligibil faptul că „*putem organiza artificial un proces* al cărui rezultat să fie un analog obiectiv al deducției". Pentru unii marxiști (cum este S. M. Șaliutin), automatica intelectuală nu atestă „capacitatea naturii (mai bine zis a materiei, căci mașina nu face parte din *natură*, ci din *cultură*. — *V.S.*) de a forma noțiuni", ci faptul că „reflectarea este o proprietate universală a materiei" [84].

★

Dacă admitem că gîndirea are o valoare (operațională și) *instrumentală* în cunoaștere (ca formă a reflectării), atunci și automatele intelectuale *tehnice* („mașinile de gîndit", H. Wald) pot fi privite ca mijloace artificiale capabile să efectueze „unii dintre pașii" demersului cognitiv, reflectoriu sau de gîndire pe care îl efectuează mintea umană, *chiar dacă* mecanismele fizico-chimice implicate sînt diferite de cele ale creierului și *chiar dacă* și procedeul este principial diferit (algoritmic/nealgoritmic; algoritme diferite etc.). Mașina de gîndit este o simulare capabilă de perfecționare și amplificare tehnică a unui *fragment* de activitate mintală. Ea este și o „supraprotezare" (ca și multe alte mașini din sectorul substanțial, energetic sau informațional).

Este necesar să menționăm faptul că numeroase mașini informaționale au fost construite cu scopul de a modela sau simula comportamente *adaptive* (homeostatul lui R. Ashby), comportamente strategice (mașinile care joacă șah etc.). Ca atare, valoarea lor se cere judecată în raport cu multiplele „modele parțiale" ale reflectării pe care le-am trecut în revistă.

b) *Corolare metodologice.* Credem a putea sistematiza în felul următor principalele cîștiguri teoretice-filozofice ale lucrărilor de „modelare a gîndirii":

1) Abordarea și caracterizarea cibernetică informațională a funcțiilor psihice superioare, ca și interpretarea cibernetică și informațională a datelor de psihologie a cunoașterii, au fost favorizate de terminologia ciberneticii tehnice, care este, în mare măsură, antropomorfă (informație, memorie, calcul etc.). Disocierea noțiunii de „calcul" de noțiunea de „operație abstractă", „conștientă", disociere pe care azi o realizăm cu cea mai mare naturalețe, este produsul familiarizării noastre cu performanțele calculatoarelor nevii. Pentru știință și pentru filozofie este mai importantă aplicarea noțiunii de „activitate calculatorie" la sistemele neurobiologice (neuron, rețele paucineuronale sau multineuronale), decît aplicarea noțiunii de „inteligență" la mașinile de calculat.

O concluzie importantă este aceea după care rezultatele „gîndirii cerebrale" nu pot fi explicate numai prin stabilire și suprimare de *conexiuni*, ci și prin însușiri *constitutive* ale neuronilor (de exemplu, memoria necirculantă, unele programe etc.). Este evidențiată astfel legătura dintre aspectele substanțiale, energetice și informaționale, legătură care are caractere *specifice* în materia vie.

Conceptul cibernetic de informație recurentă *(feedback)* este foarte util (și *multiplu* util). Astfel, „autoreflectarea" pe care o realizează orice circuit cu reacție este „transpusă" pînă la forma caracterului conștient al unor activități psihice. Dar sistemele care-și reglează acțiunile pe baza sesizării „ieșirilor prealabile" sînt, se pare, clasa din care fac parte obligatoriu sistemele *ce învață*. Comparatorul este un „ingredient" esențial în circuitele cu autoreglare: dar compararea este un factor esențial în procesele cognitive și de comportament.

Conceptele de *traducere* și de *codificare* sînt concepte informaționale și împreună cu procesele de calcul logic și cantitativ definesc aparatul neuropsihic ca pe o mașină informațională. Neadecvarea butadelor materialist-vulgare din secolul trecut (creierul secretă gîndirea așa după cum ficatul secretă bila, C. Vogt) rezultă din confundarea planului substanțial cu cel informațional (am văzut că unele confuzii s-au făcut

[84] *Op. cit.*, p. 60.

— în deceniile următoare — între planul energetic și cel informațional de către energetiști, psihanaliști etc.).

2) Unele aspecte particulare ale „procesului de cunoaștere" au putut fi caracterizate sau chiar modelate matematic. Prin „proces de cunoaștere" nu înțelegem însă procesul de cunoaștere *uman*, ci un proces de reflectare și de prelucrare a informațiilor avînd *anumite* particularități (vezi mai departe).

Un sistem informațional „capabil de cunoaștere" este un sistem adaptiv, instruibil (capabil de restructurare funcțională), optimal [85].

Am revenit și vom mai reveni asupra acestei probleme.

3) În legătură cu problema enunțată mai sus, reamintim că abordarea informațională a unui proces de reflectare poate fi făcută nu numai pe latură *cantitativă* (evaluare în biți a fluxului de informație, a capacității canalelor, a redundanței etc.), ci și pe o latură *calitativă*, în strînsă conexiune cu prima. Prima cale ne-a dus, de exemplu, la precizarea calității de filtru a instanțelor neurofiziologice (activitatea conștientă „prelucrează" din fluxul informațional aferent organismului mai puțin de a zecea miliarda parte). Cealaltă ne duce la *obiectivarea noțiunii de model.*

4) Momentele de asemănare între orice model cibernetic (concretizat sau nu) și activitatea „intelectuală" sînt *cel puțin* următoarele: sistem dinamic, integralitate, conexiune inversă, sistem informațional, autoreglare, memorizare. Creierul este oricum un sistem *neliniar*, în care predomină *acțiuni paralele*, iar legăturile dintre neuroni au și caracter aleator [86]. El dispune de algoritmi diferiți pentru acea problemă.

c) *Simulare sau modelare?* Revăzînd recent realizările din sectorul „inteligenței artificiale", Hunt

[85] După Ross Ashby, mașina „rațională" este aceea capabilă să prelucreze informația — *optimal* și *cu sens*.

[86] H. Laborit a insistat asupra faptului că aleatorul este un *ingredient* important în definiția gîndirii. Importanța modelelor probabiliste în „automatica intelectuală" este ilustrată de „perceptronul" lui Rosenblatt.

recunoaște că „dacă ar fi să se limiteze numai la programele proiectate să simuleze cunoașterea umană, expunerea ar fi foarte scurtă. Există surprinzător de puține proiecte de acest gen". Autorul reamintește o observație a lui von Neumann (1958) după care caracteristicile fizice ale componentelor unui calculator electronic impun constrîngeri asupra organizării sale logice care-l fac să fie un *model nerealist* al unui „calculator" biologic. Conceptele analizei sistemelor au fost mai folositoare pentru analiza fiziologiei sistemului nervos decît pentru analizele psihologice. Constructorii s-au preocupat prea puțin să compare — din punct de vedere psihologic — performanțele mașinilor cu performanțele individului uman. „Cei care studiază psihologia generală trebuie să fie conștienți de faptul că pînă astăzi nu a fost prezentat nici un program care să simuleze modalitatea omenească de rezolvare a problemelor, deși există mai multe programe care rezolvă probleme". De altfel, evoluția „automaticii intelectuale" merge pe o cale autonomă față de psihologie, căutîndu-se algoritme de rezolvare a problemelor, algoritme valoroase în sine. „Aceasta este perfect legitim, dar n-are legătură directă cu psihologia. Programarea calculatoarelor pare să fie o unealtă mai potrivită pentru a studia cum trebuie să gîndim, decît pentru a realiza un model testabil despre felul în care gîndim. Nu ne așteptăm să găsim modele realiste prin această utilizare a calculatoarelor, dar putem aștepta să descoperim fapte importante despre rezolvarea problemelor *per se*, și care în unele cazuri vor influența (după cum au și influențat pînă acum) felul nostru de a gîndi despre gîndire" [87].

d) *Mașina „gînditoare"*. La întrebarea „poate oare mașina să gîndească?", răspunsul negativ categoric este alimentat (în afară de considerente teologice,

[87] E. Hunt. *Computer simulation: artificial intelligence studies and their relevance to psychology*, în „Ann. Review of Psychology", 1968, vol. 19, p. 135, 160—161.

care nu ne interesează în acest context) de următoarele tipuri de considerente :

1. Mașina *nu poate* avea conștiință, acest atribut neputînd fi constatat decît prin introspecție; dar, „urmînd acest mod de a raționa, rezultă că singura cale de a ne convinge că un anumit om gîndește cu adevărat constă în a deveni noi înșine tocmai acel om" : punct de vedere *solipsist* [88].

2. Mașina efectuează ceea ce știm să-i prescriem; nu poate crea ceva cu adevărat nou (d-na Lovelace, fiică a lui Byron, a exprimat acest punct de vedere încă acum 125 de ani). Pentru Turing însă, termenul „cu adevărat nou" este echivoc („nimic nu este nou sub soare").

3. Conștiința, deși este „o proprietate a materiei cu un înalt grad de organizare", nu poate să apară decît ca un „produs al unei dezvoltări sociale necesare" [89]. Mașina este „lipsită de rădăcinile istorice ale dezvoltării conștiinței" (deși este și ea un produs al dezvoltării istorico-sociale. — *V.S.*). Nu s-a demonstrat însă dacă aceste rădăcini sînt absolut necesare, dacă „conștiința poate să apară numai sub influența și în procesul muncii sociale". Nu s-a arătat convingător dacă problema aceasta de principiu *diferă* în adevăr de problema producerii *nu numai naturale*, ci și artificiale a unor coloranți, problemă analizată de Engels pentru a ilustra cum „lucrul în sine" poate deveni un „lucru pentru noi". Firește, dacă introducem în definiția gîndirii caracteristici *nu numai funcționale* (de rezultat), ci și nota de a fi atribut biologic-uman și note istorice, problema mașinilor gînditoare nici nu se poate pune. Dar putem să judecăm problema din punct de vedere (pur) informațional, în care caz ni se par interesante cuvintele lui I. A. Poletaev (1958) : „Conștiința umană va pierde, eventual, pe viitor poziția

[88] A. M. Turing. *Poate oare mașina să gîndească?*, în vol. *Cibernetica*, p. 319.

[89] V. A. Bokarev. *Despre posibilitățile principiale ale perfecționării dispozitivelor cibernetice*, în același volum, p. 419—421. O părere asemănătoare o are și A. Kreindler (1967).

sa exclusivă și va deveni unul din numeroasele fenomene proprii diverselor forme ale materiei, natural și artificial organizate".

4. Deosebirile dintre creier și mașinile de calculat se referă și la numărul elementelor funcționale. Șase ordine de mărime în numărul componentelor ne scot așa de mult din cadrul experienței curente, încît extrapolarea funcției devine aproape de neînțeles [90].

5. W. Mays [91] a atras atenția asupra faptului că problema dacă mașina poate avea sau nu conștiință nu este o problemă logică (deoarece nici unul dintre răspunsurile contradictorii care se pot da la această problemă nu este autocontradictoriu). Altfel de considerente decît cele logice (și anume considerente științifice și practice) pot aduce rezolvarea problemei. S-ar putea ca „omul să fie cea mai economică exemplificare a sa". W. Mays critică obiecțiile lui Beth și Piaget (1966) care refuză să accepte o explicare deterministă a rezolvării problemelor de către om. De acord (în parte) cu J. R. Lucas (1961), autorul arată că nici teorema lui Gödel nu poate fi folosită ca un argument împotriva capacității de a construi mașini conștiente. E adevărat că omul ar putea transcende mașina scriind o teoremă adevărată, exprimabilă în sistemul în care lucrează mașina, dar indecidabilă (nedemonstrabilă) în acesta; dar această teoremă ar putea fi scrisă într-o nouă construcție ce ar lucra într-un nou sistem formal ș.a.m.d. Problema s-ar deplasa astfel spre problema transfinitului. Pe de altă parte însă, n-ar fi exclus ca asemenea entități matematice să fie sesizate „dintr-o dată" pe o altă cale de abordare (noncontradicția este înțeleasă la Gödel în relație cu subordonarea la un sistem mai înalt).

6. D. M. Mackay (1956), pornind de la studiul problemelor epistemologice ale automatelor, deose-

[90] Vezi și I. N. Bălănescu. *Cibernetica și unele probleme de fiziologie și psihologie*, în „Probleme filozofice", 1957, nr. 3, p. 209 și urm.

[91] W. Mays. *The use and misuse of logical principles in cybernetic discussions*, în *Akten XIV Int. Kongress Philos.*, Wien, 1968, II, p. 528—533.

beşte patru componente ale intelectului : 1) capacitatea de a prelucra şi combina informaţii, în mod eficace, în conformitate cu semnificaţia şi structura lor; 2) capacitatea de a putea efectua un „salt logic" în direcţia soluţiei, atunci cînd lipsesc date suficiente pentru o concluzie deductivă; 3) capacitatea de a iniţia un proces de căutare, condus de „sentimentul proximităţii soluţiei"; 4) capacitatea de a examina compatibilitatea unei serii de consecinţe cu informaţiile corespunzătoare.

Este greu de spus dacă aceste demersuri nu sînt „construibile" algoritmic sau tehnic.

7. M. Mazur a introdus conceptul de *sistem autonom*, spre deosebire de sistemul controlat din exterior şi de *sistemul automat* [92]. În primul sistem găsim un receptor de informaţii, un alimentator cu energie, un acumulator, un homeostat, un corelator şi un efector. În sistemul cu control extern există doar un receptor, un alimentator şi un efector; organizatorul este exterior. În sistemul automat, organizatorul este de asemenea exterior, lipseşte homeostatul. Fiinţa umană este un sistem autonom, automatului îi lipseşte homeostatul, calculatorul este doar un calculator. Dar „cibernetizarea" producţiei impune şi construcţia unor *sisteme autonome* care vor putea fi analogate cu animalele domestice. După M. Mazur, gîndirea ar fi interacţiunea între corelator şi homeostat; acţiunea corelatorului asupra homeostatului ar fi emoţia, iar acţiunea homeostatului asupra corelatorului ar fi reflecţia. În măsura în care maşina va fi un sistem autonom, vom putea spune că este „echivalentă" cu organismul uman; procesele psihice vor putea fi „tratate" ca fenomene fizice şi, ca atare, vor putea fi realizate şi de maşină.

8. G. Klaus (1964) crede că deosebirile (amintite de diferiţi autori) dintre automat şi om au un caracter *istoric*, şi nu un caracter *relativ*. Dar, pe lîngă rezervele pe care le aduce perspectiva perfecţionării automatelor,

[92] M. Mazur. *Concept of autonomous system and problem of machine to man*, în *Akten XIV Int. Kongress Philos.*, Wien, 1968, II, p. 534—539.

nu trebuie să ţinem seama oare şi de eventualitatea „depăşirii" de către om a unor laturi ale „condiţiei sale umane", tocmai *cunoscînd* ceea ce pot face automatele şi intrînd *în competiţie* cu ele? Omul se caracterizează şi prin capacităţi de *transcendere* ... [93]

e) *Poziţia lui M. J. Adler.* Mortimer J. Adler a luat recent în discuţie problema însuşirilor caracteristice şi specifice ale omului, proiectînd-o pe fondul opoziţiei dintre materialism şi idealism şi aplicînd principiul „dialecticii" sale personale : formularea cu precizie a întrebărilor, prezentarea poziţiilor ce se găsesc în conflict împreună cu argumente şi contraargumente [94]. Problema aceasta, cu consecinţe morale şi practice foarte largi, face parte din cele pe care Adler le numeşte (1964) „mixte", adică dintre cele care nu pot fi rezolvate *numai* prin investigaţia ştiinţifică *sau* prin investigaţia filozofică, ci pretind colaborarea deplină a cercetării ştiinţifice şi a examinării filozofice.

M. J. Adler arată că — în ce priveşte diferenţele dintre om şi animal sau dintre om şi maşină — se pot da *cîteva* (patru) răspunsuri posibile. În esenţă ele se reduc la : a) diferenţe de *grad* (manifeste sau latente); b) diferenţe de *natură* (superficiale sau *radicale*). Diferenţele de grad şi cele de natură, dar superficiale, sînt manifestarea unei *continuităţi* subiacente în natură, în timp ce diferenţele *radicale* de natură presupun discontinuitatea. Examinînd starea problemei în trecut şi în prezent, M. J. Adler constată multiple inconsecvenţe la autori, dar, cu toate acestea, poziţiile lor sînt argumentate abundent. Pînă la mijlocul secolului trecut, problema a fost considerată ca o problemă de interes pur filozofic şi teologic. Însă în ultimul secol, dezbaterile nu au putut ignora datele aduse de către

[93] Cu privire la modelarea tehnică a proceselor de gîndire vezi şi studiile din *Materialismul dialectic şi ştiinţele naturii*, vol. X, Bucureşti, Editura politică, 1965, semnate de I. Zamfirescu (*Logica formală şi modelarea proceselor de gîndire pe maşini de calcul automate*, p. 47 şi urm.) şi de Edm. Nicolau (*Modelarea activităţii logice*, p. 66 şi urm.).

[94] M. J. Adler. *The difference of man and the difference it makes*, New York, Holt, Rinehart a. Winston, 1968.

ştiinţele biologice şi comportamentale; problema nu a devenit, totuşi, o problemă pur ştiinţifică. În această *a doua perioadă istorică* se pot deosebi trei stadii:

1. Teoria evoluţiei şi dezvoltarea paleoantropologiei încep cu răspunsul clar al lui Darwin după care omul diferă numai *în grad* de celelalte animale. Deşi paleoantropologii, centraţi pe studiul paralel al fosilelor şi al uneltelor, au susţinut mai ales poziţia unei diferenţe *de grad, ca şi de natură*, totuşi diferenţa este privită ca o diferenţă superficială;

2. Dezvoltarea ştiinţelor de comportament (*behaviorismul* este ilustrativ), a etologiei, ca şi a neurofiziologiei experimentale (şi clinice) a dus la reafirmarea poziţiei lui Darwin;

3. Stadiul actual, reprezentat de tehnologia calculatoarelor, pare să fie cel mai elocvent şi cel mai promiţător pentru rezolvarea problemei.

Argumentaţia acestei ultime idei porneşte de la teza lui Aristotel care desemnează vorbirea (*propoziţională*, sintactică) ca pe o caracteristică specifică. La această teză se raliază şi paleoantropologii, ca şi etologii sau neurologii. Vorbirea umană este „faptul-pivot". Cel care a făcut din această însuşire un caracter de diagnostic diferenţial [95] între om şi animal, *ca şi între om şi maşină* a fost Descartes. O maşină care poate angaja o conversaţie într-o limbă naturală (cum ar fi engleza) — fără să fi fost programată pentru aceasta — ar fi argumentul crucial [96].

Întreaga istorie a problemei este redusă astfel la doi poli esenţiali care sînt Descartes şi Turing. După cum se ştie, A. M. Turing a analizat ipoteza unui automat capabil să joace „jocul lui Turing". Dincolo de un ecran se găseşte un om şi un robot; examinatorul pune întrebări cu scopul de a preciza care este omul şi care este robotul. Jucătorii nu sînt obligaţi să spună

[95] Expresia ne aparţine *(V.S.)*. Adler vorbeşte despre *testul conversaţiei*.

[96] M. J. Adler, *op. cit.*, p. 234.

adevărul, dimpotrivă, pot încerca să inducă în eroare [97]. Turing susţine că un astfel de robot *poate* fi conceput. Testul lui Turing este echivalent testului lui Descartes.

M. J. Adler atrage atenţia asupra distincţiei între maşinile programate *strict* şi „roboţi", adică maşinile destinate să *simuleze* inteligenţa umană. Din ultimul grup se cer eliminate, în consideraţiile noastre, cele *complet* programate. „Roboţii" operează prin conexiuni flexibile şi întîmplătoare: adică au ceea ce Turing numeşte *infant programming*, cîteva conexiuni fixe care pot fi analogate cu cele cu care vine pe lume un copil. „Robotul" este cel care învaţă din proprie experienţă şi care poate să facă erori care nu sînt în întregime explicabile prin defecte mecanice [98]. Prin *simulare* Adler înţelege (ca şi mulţi cibernetici eni) obţinerea unor rezultate *similare* (operaţiile efectuate pe *căi* asemănătoare definesc *replicarea*). Este evident că pentru „testul conversaţiei" sînt suficiente simulatoarele.

Menţionăm că, după H. Titze, animalul se deosebeşte de maşină prin afect; ceea ce este pur şi esenţial uman este însă voinţa liberă, ethosul, sensibilitatea estetică. Libertatea nu ar putea fi introdusă din afară în maşină [99].

f) *Retrospectivă*. „Să reţinem importanţa tot mai mare a noţiunii de informaţie atunci cînd abordăm fenomenele vitale", scrie J. Guillaumaud [100].

În cadrul lumii vii, privită evoluţionist, au apărut treptat variate tipuri de sisteme cibernetice informaţionale. De fapt, primele sisteme dinamice complexe apărute în lume au fost organismele vii. Evoluţia *organismelor* vii a dus la apariţia unor *organe* speciale

[97] Întrebările şi răspunsurile pot fi prezentate sub formă dactilografiată, pentru a evita intervenţia vocii etc.

[98] *Op. cit.*, p. 241.

[99] H. Titze. *Das Problem des Bewusstseins und die kybernetische Maschine*, în *Akten XIV Int. Kongress Philos.*, Wien, 1968, II, p. 568.

[100] *Cibernetica şi materialismul dialectic*, p. 157.

destinate recepționării, păstrării și prelucrării informației. „Primele aparate de acest fel au fost organele de funcțiunea cărora se leagă fenomenele eredității, ca fenomene ale conservării și adaptării speciei. Dar speciile există ... numai printr-o adevărată masă de indivizi. Pentru asigurarea integrității acestora ... se pun la punct mecanismele excitabilității" [101]. Prelucrarea informațională devine treptat mai aparentă și mai importantă în cadrul lumii animale : animalele caută, deci se deplasează și se orientează. Înăuntrul activității sistemului nervos, latura energetică e subordonată vădit celeia informaționale. Există o „înrudire" funcțională între perceptibilitate, memorie („ereditatea evoluției ontogenetice"), ereditate („perceptibilitatea și memoria speciei").

Din alt punct de vedere, putem spune că „evoluția lumii materiale poate fi privită în perspectivă cibernetică ca evoluție a sistemelor dinamice cu autoreglare. La un anumit moment de complexitate, asemenea sisteme se transformă în sisteme instruibile diferențiate" (G. Klaus).

În cadrul „sistemului cibernetic om" găsim capacitatea elaborării și operării cu semne și semnale mediatoare și generalizatoare. Reflectarea informațională este cunoaștere, devine conștientă; omul se poate raporta pe sine la restul sistemelor materiale (subiect *în sine* și *pentru sine*, după nomenclatura lui Hegel). Deci omul merită să fie considerat un *tip aparte* de sisteme cibernetice și informaționale.

În această perspectivă, mașinile logico-informaționale reprezintă — *în ordine istorică* — un al treilea tip de sisteme cibernetice, care „măresc eficacitatea și eficiența rațiunii umane" (P. Cossa, 1957). Dar, cum notează I. Irimie, deși informația există în mașină, *în* și *prin* operațiile ei, ea nu există de regulă *pentru* mașină. Rolul lor de anexă este limpede. Apariția lor „tardivă" nu înseamnă superioritatea *globală*. Superioritatea lor este *limitată* (ca și „superioritatea" speciilor biologice apărute tardiv pe o linie filetică). Ordinea „logică" este : mașinile cibernetice, organismele, omul.

[101] I. Irimie. *Tipurile de sisteme cibernetice*, în „Tribuna" (Cluj), 1964, an. 8, nr. 41 (401), p. 1 și 8.

CONCEPȚIA LUI W. ROSS ASHBY

W. Ross Ashby, biolog care a lucrat mult timp pe lîngă un serviciu de psihiatrie, a publicat chiar în anul apariției *Ciberneticii* (1948) un „proiect pentru un creier" *(A design for a brain)* [102].

Deosebim în creier procese naturale neorientate și procese orientate. Sub impulsul selecției naturale și al evoluției, unele dintre acestea sînt dezvoltate, iar altele inhibate sau înăbușite, în funcție de utilitatea lor. Creierul s-a format într-un mod care denotă adaptarea sa specială la condiții terestre (dispunerea obiectelor într-un spațiu euclidian cu trei dimensiuni; procese desfășurate continuu; tendința localizării efectelor; repetarea unor proprietăți în locuri diferite). Procesele orientate se leagă de ceea ce numim „rațiune". După W. Ashby, rațional este ceea ce *acționează* rațional, adică sistemul „capabil să efectueze o selecție adecvată" [103], în speță alegerea unei „mutări" (respectiv strategii) încununate de succes. Mai precis, „mașina rațională este un sistem care utilizează informația, prelucrînd-o astfel încît să realizeze o selecție cît mai adecvată". În procesul de reglare, de exemplu, organismul viu se comportă astfel încît se menține viu; el „realizează repetat forma adecvată, în ciuda pertur-

[102] W. Ross Ashby vorbește despre „facultăți intelectuale sintetice", care, eventual, ar putea fi „superioare facultăților creieru lui": observăm că Ross Ashby este „mai modest", ocupîndu-se de *facultăți*, și nu de *minte* în ansamblu. Este însă evident că mașinile electronice sînt *unilateral* superioare facultăților minții omenești. Această superioritate unilaterală a produselor tehnice față de produsele „naturale" poate fi exemplificată, în chimie, prin fibrele sintetice (plastice).

[103] W. Ross Ashby. *Ce este mașina rațională*, în *Cibernetica*, București, Editura politică, 1963, p. 276.

baţiei". Ştim că, după Ross Ashby, un asemenea proces este omolog corecţiei zgomotelor într-un canal de comunicaţie. Iată de ce „problema raţionalităţii poate fi analizată pe baza teoriei comunicaţiei a lui Shannon".

Se mai poate spune că orice sistem care efectuează o selecţie adecvată (de un ordin superior celei aleatorii) realizează această selecţie pe baza informaţiei primite. Se întrevede aici legătura cu problema demonului lui Maxwell. În concret, evaluarea cantităţii de informaţie necesară este dificilă, deoarece „omul dispune de rezerve colosale de informaţie, care au caracterul unei *programări preliminare* latente. Cel care rezolvă o problemă are în spate nu numai experienţa sa individuală, ci şi cinci miliarde de ani de evoluţie". Examinînd rezolvarea problemei de către om, tindem să subapreciem cantitatea de informaţie efectiv folosită; examinînd programul necesar unei maşini, tindem să o supraapreciem. În activitatea umană, *încercările de rezolvare* (formă a muncii) sînt un mijloc important de obţinere a informaţiei necesare [104]. Oricum, creierul uman este total inapt să rezolve probleme care contrazic programul său preliminar latent.

Regula selecţiei adecvate este aplicabilă nu numai la scopul final, ci şi la toate scopurile auxiliare (secundare, apreciative) care apar în procesul realizării acestuia, inclusiv la alegerea criteriilor de evaluare. De exemplu, „timpul cel mai scurt" poate deveni un scop în sine. De menţionat că şi alegerea poziţiei unei conexiuni inverse de corecţie înseamnă a realiza o selecţie adecvată.

Definirea „raţionalităţii" prin criterii mai ales strategice permite concluzia după care „putem obţine de la maşină oricîtă raţiune dorim, dar numai cu condiţia ca în ea să fie introdusă o cantitate corespunzătoare de informaţie" [105]. Aceasta este o condiţie *restrictivă*

[104] În legătură cu acest punct, autorul supune unei critici informaţionale conceptul de geniu. Geniul este un „prototip-limită al sistemului către a cărui elaborare progresăm continuu" (*op. cit.*, p. 284).

[105] *Op. cit.*, p. 285.

analogă cu principiile termodinamicii. Însă „ştim foarte bine că nu cei ce perseverau în încercarea de a infirma legea transformării energiei s-au dovedit cei mai înţelepţi, ci cei care au recunoscut valabilitatea ei şi au aplicat-o în proiectarea unor maşini cu randament mai ridicat" [106].

În rezumat se poate spune că ideea de bază a lui W. Ross Ashby este aceea după care „creierul şi dispozitivele de calcul nu sînt decît variante diferite ale unor maşini în principiu identice".

Cît despre interpretarea personală a „raţionalităţii", autorul aminteşte că lucrările lui W. Cannon asupra fiziologiei homeostaziei, asupra „finalităţii interne" a organismelor vii au apărut sub titlul *Înţelepciunea corpului*. Ca atare, nu putem vorbi de activitate raţională decît în funcţie de un scop precizat în prealabil. Raţionalitate înseamnă eficacitate. „Funcţiile raţiunii se reduc, în ultimă instanţă, la efectuarea proceselor de conducere şi reglaj" [107]. Proiectînd şi construind maşini de tipul „strategului automat", W. Ross Ashby inaugurează metoda „demonstraţiilor prin construcţie". Dificultăţile în „imitarea creierului" se reduc la probleme de tehnică a prelucrării unei cantităţi suficiente de informaţie. Este de notat, totuşi, că în această direcţie dispunem de mijloace limitate (de exemplu, parcurgerea tuturor combinaţiilor posibile cu 52 de cărţi de joc ar necesita 10^{68} operaţii, numerele cu care avem de-a face în teoria informaţiei depăşesc cu mult numerele astronomice). Actualul calculator cifric (digital) nu este instrumentul ideal pentru prelucrarea informaţiilor, mai ales din cauză că majoritatea zdrobitoare a celulelor de memorare „nu fac decît să aştepte momentul cînd va fi nevoie de informaţia pe care o conţin" (ca şi o armată de milioane organizată astfel încît în luptă nu pot intra deodată decît doi soldaţi). Creierul viu poate sugera numeroase alte idei de construcţie care nu au fost încă serios analizate.

[106] W. Ross Ashby. *Ce ne poate învăţa creierul*, în *Cibernetica*, Bucureşti, Editura politică, 1963, p. 294.

[107] *Op. cit.*, p. 291.

După cum s-a putut observa, pe parcursul expunerii noastre ne-am străduit să schițăm premisele unei teorii generale a reflectării, pornind (1964) de la situația perfect obiectivă și „dezantropomorfizată" a legăturii informaționale dintre sisteme materiale. Filozofia informației, așa cum o înțelegem noi, nu este *antropocentrică*. Ea poate fi însă *antropotelică* (Săhleanu, 1965, 1967), acordînd adică omului locul privilegiat pe „magistrala evoluției" (N. S. Dumitru) [108].

Dicotomia subiect-obiect apare *natural* în cadrul unei teorii a sistemelor informaționale, iar cunoașterea umană se prezintă ca un nivel superior al evoluției interacțiunii prin semnale structurate și structurante.

Gîndirea se include (genetic, precum și funcțional) printre formele de interacțiune ale organismelor cu mediul lor de viață (respectiv printre formele de interacțiune ale organismelor). Cum metoda istorică este de multe ori indispensabilă înțelegerii manifestărilor formelor superioare de mișcare a materiei, este natural să încadrăm reflectarea din cunoașterea umană printre tipurile evoluate de „legături cibernetice" specifice, să o deducem ca un tip particular și perfecționat al acestora. Denumirea de „legături de tip informațional" am crezut-o justificată în conformitate cu același principiu de istoricitate: abia pe o anumită treaptă de dezvoltare un anumit caracter își dezvăluie esența, ascunsă sau confuză cînd este dezvoltată insuficient. Eticheta poate împrumuta termenul ce pare adecvat numai stadiului de dezvoltare deplină.

Premisa unei astfel de teorii este, firește, materialitatea lumii și *cognoscibilitatea* ei. Lumea cognoscibilă, dar încă necunoscută, conține o cantitate enormă (infinită?) de informație „latentă". Informația pe care *o avem* despre lume nu este de altă natură cu informația pe care *nu o avem* (încă), dar pe care *putem să o avem.*

[108] O viziune antropotelică în filogeneză, dar care depășește ideea „omul-scop în sine", a avut-o P. Teilhard de Chardin.

Nu vedem nici un impediment în calea introducerii (de mult consumată) a termenului de *informație structurală*, care poate să fie sau nu informația *actuală despre* „structuri". Virtualitatea actualizării sale este postulatul cunoașterii, fără restricția acelui *ignorabimus* al lui E. Dubois-Reymond. Postulatul acesta implică nu numai capacitatea materiei de a se dezvălui omului, ci și capacitatea omului de a crea — în mod nelimitat, pe măsura inepuizabilității materiei — stări potrivite de „informabilitate".

Socotim nimerit să reproducem cîteva rînduri publicate de noi cu mai mulți ani în urmă [109].

„Calitatea de informație o dobîndește substanța sau energia în funcție de apariția unui dispozitiv funcțional construit în mod adecvat. Noțiunea de informație este o noțiune relativă. În anumite condiții, orice particularitate structurală sau de altă natură poate deveni sursă de informație, poate constitui o sursă de semnale pentru un dispozitiv cibernetic corespunzător. «Obiectul de cunoaștere» coincide, așadar, cu sursa de informație înțeleasă în sensul cel mai larg, acela al teoriei tipurilor de interacțiuni. Condiția extrinsecă obiectului-sursă este existența unui receptor potrivit; condiția intrinsecă este existența unei specificări, a unor detalii distincte. Procesul de cunoaștere subsumează un mare număr de procese de tip informațional; el poate fi la rîndul său subsumat categoriei de interacțiuni de tip informațional. «A măsura informația» conținută într-un obiect, într-o configurație etc. implică, așadar, o operație în dublu sens relativă:

[109] V. Săhleanu. *Legătura informațională* etc., p. 118. Vezi și V. Săhleanu. *Elemente de matematici generale pentru medici și biologi*, București, Ed. U.S.S.M., 1963, p. 413 și urm: „Ne putem oricînd imagina că se construiește, cîndva, un sistem pentru care acea configurație particulară pe care o studiem are valoare de semnal de comandă; deci informația «în sine» este numai «potențială» sau «latentă». De altfel, în biologie, *forma* are un rol funcțional *și* pe această cale: recunoaștem alt individ, un animal, o plantă, un individ de anume specie sau sex. Morfologul își extrage o bună parte din informația necesară clasificărilor taxonomice, din studiul formei".

nu numai alegerea unității de informație, ci și alegerea calității de specificare, a criteriului, sînt determinante. Prin creșterea puterii de rezoluție a dispozitivului receptor, prin creșterea puterii de discriminare, tot mai multă informație se dezvăluie investigatorului".

Cele spuse cu privire la informația structurală a proteinelor sau la informația actualizată prin citirea unui text arată că interacțiunile informaționale izolate evidențiază numai o parte din informația conținută în sisteme. În fond, acesta este rezultatul oricărei abordări *unilaterale* a realității.

Obținerea informației pertinente și adecvate cere demersuri operatorii, tactică, metodologie, metodică, instrumentar, aparatură „naturală" (cum ar fi dispozitive nervoase) sau artificială. Ultimele condiții le-am putea eticheta ca *mecanisme* (în sens larg). Extragerea unei informații cantitativ și calitativ superioare cere complexitate în mecanisme. Performanțele sînt plătite cu riscul defectării sau al reflectării inadecvate. Există servituți față de mecanisme (care nu coincid cu cele pe care informația le are față de energia sau substanța purtătoare de semnale, sau față de *spațiul* și *timpul* concret).

Mircea Pop a folosit noțiunea de *pseudoinformație* pentru semnalizările inadecvate din cauza condițiilor de lucru anormale, în care semnalele sosesc la centrii de reglare pe căi sau la momente neavenite [110]. Am discutat în alt capitol problema erorii în întreaga ei generalitate. Am văzut în altă parte cum sistemul nervos dezvoltă mecanisme de sesizare a întreruperii unui excitant, în felul acesta introducînd premisa „eficacității inexistentului". Conturarea unui univers simbolic (semiotic) în cadrul universului informațional tinde să substituie *reflectării prin imagini senzoriale* o reflectare „hieroglifică" (Helmholtz). Dar în lumea semnelor pot exista

[110] Într-un sistem cibernetic, pseudoinformația determină dezechilibre, reacții neadecvate, antihomeostatice, dăunătoare. Vezi M. Pop. *Modificările raportului ionilor antagoniști în fenomenul de obișnuință la cationi*, în „Fiziol. norm. patol.", 1968, vol. XIV, nr. 1, p. 41.

nu numai semne necorespunzătoare realității, dar și semne care nu corespund unui obiect sau fenomen real (V. I. Lenin). Inclus în „universul informațional", un „univers semiotic" deschide calea unei vaste *combinatorici*, supuse, în primă instanță, numai regulilor „sintactice" ale sistemului de semne respectiv. Iată de ce noțiunea de informație ajunge să cuprindă mult mai mult decît informația reflectantă. Ajungem pe o altă cale la justificarea unei științe a informației care să fie, *pînă la un punct*, indiferentă la semantică sau la valorile de adevăr: așa cum au construit-o inițial inginerii de telecomunicație, sub forma teoriei lui Shannon. *Pînă la un punct* doar; căci aceeași știință generală este chemată să-și dea și o contribuție hotărîtoare la stabilirea unei *criteriologii* detaliate a adevărului și folosirii practicii pentru verificare.

Pe de altă parte, ingineria mașinilor informaționale deschide posibilități pentru noi modalități de reflectare și de prelucrare a informațiilor care să fie eliberate de servituțile impuse de către mecanismele cerebrale. Aici, „noul" nu trebuie privit numai din punct de vedere cantitativ. Mașinile logico-matematice „au scăpat" de servituțile psihologiei. Este posibil să construim mașini care „să scape" de unele servituți ale logicii bivalente? Întrebările sînt tulburătoare. Felul în care le-am formulat poate arăta cititorului încă o dată de ce credem că universul informațional este zona de legătură între lumea necesității și lumea libertății.

REFLECTARE INSTRUCTIVĂ SAU SELECTIVĂ?

După cum am avut ocazia să mai menționăm, am considerat util (începînd din 1949) să raportăm reacțiile sistemelor vii la doi *poli extremi*. La elementele celulare mai puțin diferențiate (de exemplu la animalele unicelulare) sau la organe și la organisme care au posibilitatea de a combina diferite răspunsuri elementare specifice, aceste răspunsuri pot oglindi natura agentului exterior.

Este evident că reacția este întotdeauna caracteristică pentru sistemul viu reactiv (pentru „teren"), dar ea poate fi caracteristică *și* pentru cauza externă. Răspunsurile sau reacțiile „reflectorii" pentru natura cauzei externe și pentru intensitatea cu care au acționat le-am numit *alospecifice* (sau *exospecifice*). Există însă și răspunsuri sau reacții monotone, standard, stereotipe; din aceste manifestări (luate izolat) nu putem „deduce" (sau în nici un caz nu putem deduce cu precizie) natura cauzei care a provocat un proces și parametrii ei cantitativi. Aceste răspunsuri sînt „reflectorii" numai pentru particularitățile „terenului": ele sînt *idiospecifice* (sau endospecifice) [111]. Elementele foarte diferențiate au răspunsuri idiospecifice, iar *in extremis* aceste răspunsuri se fac după „legea tot sau nimic" adică fără a oglindi parametrul intensitate al excitație care a depășit pragul [112].

Am amintit în alte capitole ale lucrării de față legătura reacțiilor idiospecifice cu teza „energiei specifice a simțurilor" a lui J. Müller. Credem că realizarea unei reflectări din ce în ce mai adecvate a mediului include reacțiile idiospecifice. Acesta nu este oare un paradox? Se poate spune că este o situație dialectică („putem vorbi de o *dialectică* a evoluției procesului reflectării prin mijlocirea evoluției sistemelor cibernetice naturale" [113]). În adevăr, dacă răspunsul unui sistem cibernetic este „idiospecific", adică în cel mai înalt grad caracteristic pentru structura sa materială și funcțională, se pune întrebarea: cum este posibil ca el să reflecte, totuși, realitatea exterioară sistemului, în varietatea ei? Reflectarea prin mijlocirea unui sistem dinamic complex, cum este sistemul cibernetic, va avea, firește, alte caractere decît reflectarea „speculară" într-o oglindă; iar întipărirea detaliilor mediului va avea alte caractere decît acelea păstrate de o masă plastică sau de o fotografie. Sistemul „va răspunde"

[111] Vezi V. Săhleanu. *Boală, teren, individualitate,* în *Materialismul dialectic* etc., vol. IV, 1964, p. 305 și urm.

[112] Elementele acestea sînt, evident, sisteme neliniare.

[113] V. Săhleanu. *Legătura informațională,* etc., p. 117.

printr-un număr limitat de variante reacționale la acele influențe din mediu care au valoare informațională pentru sistem și numai la ele. Reflectarea pornește, așadar, de la *detectarea* unor anumite aspecte ale realității, substanțiale sau energetice, care au semnificația de semnal. Potrivirea (adecvarea) structurii receptorului cu stimulul este o condiție de bază a legăturii de tip informațional; această condiție este exploatată acum în interesul „cunoașterii" mediului, înțeles ca sursă de semnale. Organele de simț ale omului sînt un complex de astfel de elemente receptoare „acordate", iar biofizica auzului ne prezintă schema cea mai simplă a unui proces de reflectare realizat prin unități cu capacități de detectare extrem de limitate; aici „adecvarea" este explicată mecanic, prin fenomene de rezonanță. Teza formulată mai sus arată o cale de a ieși din impasul „idealismului fiziologic", concluzie greșită pornită de la absolutizarea principiului reacțiilor idiospecifice.

Concepția istorică împreună cu legea selecției naturale sînt în măsură să aducă explicația realizării unor sisteme cibernetice de ordin superior, ca sistemul nervos, dotate cu capacități reflectorii extrem de ample sau extrem de fine. „O teorie evoluționistă a activității nervoase poate fi nu numai îmbogățită de către cibernetică, ci ea poate dobîndi un înțeles biologic mai larg prin împletirea problematicii sale cu problematica generală a fiziologiei și a eredobiologiei" [114].

Așadar, pornind de la o reflectare alospecifică elementară, de tip „instructiv", se ajunge la o reflectare alospecifică superioară, de tip „selectiv", *folosind* reacțiile idiospecifice. Drumul acesta *dialectic* poate fi privit ca un drum *ocolit:* în acest caz găsim încă un exemplu pentru fecunditatea unor drumuri întortocheate ale evoluției, pentru ceea ce am putea numi „paradigma drumului ocolit".

[114] *Op. cit.,* p. 118. Despre răspunsurile selective la stimulare, vezi R. A. Hinde. *Animal behavior,* London, Mc. Graw Hill, 1966, p. 88 și urm.

Cele prezentate mai sus nu trebuie să ducă la o absolutizare a rolului reacțiilor idiospecifice. Reflectarea alospecifică superioară presupune detectare de informații, dar și *prelucrarea de informații*. Legătura informațională se poate întîlni și între sisteme de *comunicație* relativ simple; reflectarea implică *prelucrarea* informației recepționate și — eventual — *căutate*. Organismele superioare nu caută numai hrană (substanță + + energie), ci și informații. *Întrebarea este o formă specific umană de a căuta informații*. De la reflexul de orientare se ajunge la curiozitate, de la receptarea pasivă a informației întîmplătoare la activitatea experimentală sistematizată, de la strategia bazată pe informația utilă la metodologia ce țintește cunoașterea exhaustivă. *Tehnica este și un mijloc de a multiplica detectorii de informație.*

În demersul său cognitiv, omul aplică pe scară tot mai largă o perspectivă informațională implicită, dînd „semnificație de semn" informativ pentru realiate părților din ea care ni se oferă investigației imediate. În felul acesta apar și demersurile *semiologice* (sau „indiciale"), țintind la „diagnosticarea" obiectelor și fenomenelor realității pe baza unor note necesare și suficiente, sau a unor detalii sugestive ori concludente.

Din procesul de cunoaștere, în schema lui Shannon tntra numai fragmentul sau cazul expectației, incertă din cauza mai multor eventualități. Informația adusă de eveniment poate fi numită o *informație secundară*. Ocurența obligă la *alegerea* unei anumite „imagini" despre realitate. Însă modelul acesta presupune o *informație* prealabilă *primară*. Ea putea fi dobîndită printr-o modalitate *instructivă* (și nu printr-una selectivă).

Legată de modalitatea instructivă a informației vom discuta și problema *imitației*. Imitația este o cale de difuzare a informației, o „contagiune" a ei, în fond o modalitate de a crea „ordine specifică plecînd de la ordine specifică". Nu este, desigur, *singura* modalitate de transmisie a unor scheme psihologice

sau psihomotorii între indivizi. Am mai putea adăuga sugestia, convingerea, demonstrația logică etc.

Reflectarea a evoluat, așadar, de la amprentă la imagine, de la imagine la izomorfism, de la semnal la semn, de la substanțial și energetic la informațional, de la o corespondență termen cu termen la una de înțeles (prin mijlocirea universului semnelor lingvistice sau nu), de la o reflectare a actualității la una care „transcende" momentul, de la modalități care folosesc legile naturii la altele care folosesc regulile universului semiotic etc. Uriașa complexitate a mecanismelor substanțiale, energetice și informaționale care stau la baza reflectării superioare (inclusiv umane) este însă nu numai premisa unor performanțe deosebite, ci și premisa unor „primejdii" și „erori". Mecanismele se pot deteriora, funcțiile se pot perverti, decursul procesului de reflectare poate să nu fie dus pînă la capăt. Apar falsul, fantasticul, nonsensul.

DESPRE IMITAȚIE

În considerațiile privitoare la „universul informațional", termenul *imitație* este folosit în sensuri multiple. Pe noi ne interesează în primul rînd ceea ce au înțeles psihologii prin *imitație* ca un fenomen de „difuziune" a comportamentelor și a altor procese informaționale. Importanța *sociologică* a imitației a fost analizată (pînă la exces) de către G. Tarde. Cercetări recente insistă asupra rolului imitației în „grupele sociale" ale maimuțelor și, implicit, în antropogeneză.

Imitația are „echivalență informațională" cu copierea sau cu propagarea unei boli virotice, ca modalități de *amplificare* a informației. În toate aceste cazuri se produce o *antrenare informațională* de substanță și de energie. În toate aceste cazuri se manifestă capacitatea viului de a alcătui acele „structuri structurante" ale mediului despre care vorbea Buytendijk (1965) [115].

[115] După Pradines, imitația presupune o *pasivitate electivă*. Problema psihologică a imitației a fost abordată de Yerkes, H. Plessner (*Antropologia imitației*, 1948), P. Guillaume. J. Buytendijk.

În teoria automatelor, *imitarea* de către mașină a unui „comportament" neurofiziologic, psihologic sau logic intră în clasa modelării. Sensul cuvîntului este mai apropiat de sensul curent al termenului *simulare*.

A. M. Turing (1950) își începe un articol celebru [116] printr-un subcapitol intitulat „jocul de-a imitația". Cuvîntul „joc" este folosit în sensul strategiei jocurilor, iar „imitația" se referă la situația în care, în locul unui om, ar participa o mașină. O anumită *echivalență informațională* (de diferite nivele) justifică folosirea termenului „imitație" pentru substituirea eficace. De exemplu, se spune că „mașinile de calculat digitale... pot imita orice mașină cu stări discrete" [117]: deci mașinile de calcul digitale constituie mașini universale.

Pentru G. Tarde (1895—1901), interacțiunea mintală (pe care o consideră ca o interacțiune *intercerebrală*) a indivizilor în societate îmbracă formele principale ale repetiției sau imaginației, ale opoziției, ale adaptării sau invenției. G. Tarde vorbește despre valuri (sau unde) de imitație propagate în mediul social; ele se pot opune, dar pot da naștere la un element nou (idee, credință) în spiritul unor indivizi, ca într-un *mariage heureux*. Imaginea hibridării este luată din domeniul eredobiologiei, pe care azi îl privim ca o parte integrantă și fundamentală a universului informațional. Ni se pare interesantă și metafora lui G. Tarde după care imitațiile sînt refractate de către mediul social [118]. Analogia optică cu propagarea, interferența și refracția undelor dobîndește o savoare deosebită dacă ne gîndim că lumina este un agent informațional prin excelență în lumea animală și umană. „Legile imitației" joacă un rol în cultură și în istorie. Observăm că, pentru G. Tarde, *opoziția* nu este aproximată și prin alte modele, cum ar fi, de exemplu, modelul *antigenic*.

[116] A. M. Turing. *Poate oare mașina să gîndească?*, în vol. *Cibernetica*, p. 305 și urm.

[117] *Op. cit.*, p. 313.

[118] Vezi P. Sorokin. *Les théories sociologiques contemporaines*, Paris, Payot, 1938, p. 459—461.

G. Tarde nu dă atenție suficientă „ciocnirii" structurilor informaționale cu rol *destructurant*. Dar problema este vastă și ar trebui analizată pornind, poate, de la unele aspecte biologice și patologice.

METATEORIA ȘI „ANTROPOLOGIA" INFORMAȚIEI

Într-o conferință-eseu ținută în 1967, O. Onicescu a căutat să schițeze „metateoria" științei (sau, mai bine zis, *teoriei matematice*) a informației, acea „specie a filozofiei" care privește consistența, logica internă, completitudinea și, într-un anumit sens, independența ei față de faptele concrete care-i stau la origine sau spre care tind aplicațiile ei: „valoarea în sine a doctrinei, ca o creație a gîndirii umane". Metateoria „științei" informației nu întîmpină dificultăți speciale, deoarece termenii proprii de care depinde ea (semnalele) sînt în număr finit.

Modelul pe care s-a constituit teoria cuprinde trei faze *care se succed în timp:* a) inițială (de *input*); sursa este privită ca un flux de elemente, de semnale sau de simboluri; b) intermediară: canalul de transport este privit ca un flux derivat din primul, cu semnale proprii; c) finală, de recepție *(output)* și de memorie (care implică și un alfabet de înmagazinare, probabil finit).

Sursa este, în majoritatea cazurilor, un mesaj: formă de contact „a unei unități de existență, *cum este omul*, cu universul evenimentelor susceptibile de a fi amintite ca fluxuri de informație". Cele mai tipice dintre surse sînt formate de *excitațiile simțurilor noastre*. Celulele din nervax sînt receptori; pe baza înmagazinării memoriale se iau decizii care sînt surse de informație *pentru o altă ființă* umană [119]. Cînd mesajul este, de pildă, un poem, canalul este alcătuit nu numai din fluxul neuronic, dar și din activitatea complexă a creierului receptiv plus conexiunile sociale.

[119] Sublinierile ne aparțin.

În ce privește memoria, informația mașinilor are un tip unic de sursă, care este dată de om (omul are *diverse* tipuri de sursă); omul este canalul dintre univers și calculator, iar calculatorul este unul dintre canalele dintre *un om și altul*. Finalitatea necesară, dinamismul natural al procesului de informare este *de a genera decizii*, acțiuni, care să devină la rîndul lor noi informații; există deci „circuite continue și complexe de informații". Se poate spune că teoria informației „interzice vidul" pentru că, deși face parte din matematică, este, de fapt, o știință naturală.

Criteriile numerice de natură generală, în mod necesar abstracte, sînt necesare pentru a asigura teoriei o valoare universală. Propozițiile teoriei informației sînt valabile cu criteriile probabilităților [120]. Limbajul cantitativ al teoriei informației este cel al statisticii și *corespunde cu cel al activității noastre curente*. Dar statistica este o metodă, în timp ce teoria informației este o teorie generală *în domeniul relațiilor din univers*. Prin teoria informației, statistica și teoria probabilității „își găsesc un loc demn printre sistemele care umplu paginile istoriei filozofiei".

Limba este *vehicul al oricărei* informații (comunicații umane), este depozitara întregii experiențe informative *de orice categorie*, iar structura informativă (informațională) a limbii corespunde totalității capacității sale de exprimare.

Homo faber (creator în practică) este privit ca omul ultimei faze a „procesului informativ", ajuns la actul deciziilor. Omul contemplativ este *omul informației pure* (în „informația pură" intră memoria, elaborarea internă a mesajelor, ca și creația artistică, teoretică și științifică). *Omul biologic sau omul social îndeplinesc fără întrerupere ciclul întreg și continuu al informației.*

După cum se vede, această metateorie a „științei informației", deși recunoaște că o asemenea știință trebuie să fie o *teorie generală în domeniul relațiilor din univers*, consideră explicit și implicit, în exclusivitate, punctul de vedere *antropocentric*. „Ciclul" informației, pe care-l propune, nu este însă *întreg și continuu* dacă începe cu recepția cuvintelor și sfîrșește cu decizia. Acțiunea sa se efectuează prin mijlocirea unor *legături „informaționale"* [121] la un nivel inferior celuia al comunicației prin limbaj (la nivel fiziologic, bunăoară), nivel infrauman, intrauman, interuman și — parțial — extrauman. Ansamblul dispozitivelor informaționale este susținut funcțional prin lanțuri cauzale de tip cibernetic, despre care O. Onicescu (spre deosebire de N. Wiener) nu pomenește în considerațiile sale filozofice asupra informației.

[120] *A* are proprietatea *C* cu probabilitatea p; cînd $p = 1$ avem, totuși, altceva decît certitudinea logică clasică.

★

Filozofia informației se leagă însă de antropologie și într-altfel.

St. Stoessel [122], subliniind că informația și comunicarea devin concepte fundamentale pentru considerarea modernă a psihismului, susține că „antropologia este știința interonticului", lumea umană fiind „sudată prin forța cîmpului informațional". Schimbul reciproc de informație este interreflectarea (componentă orizontală). Dar în marginalele oricărei teorii a reflectării se înscrie și problema „autoconținerii unei structuri": în ce măsură o structură ce asimilează lumea și se acomodează ei se reflectă pe sine sau ignoră propriile transformări? Psihologia omului este astfel, între altele, o problemă a sistemelor autoprogramatoare și de autocorecție. Pe de altă parte, organismul (nu numai cel uman!) se pregătește *în* și *prin* act, pentru a fi deschis față de afluxul informațional. Numai că orice structură este preferențială față de lume; deci structura receptoare „decide ce eveniment poate sau nu deveni informație" [123]. Se poate vorbi despre o *prevalență semantică a structurii*. Omul „descoperă, enunță, instaurează semnificații

[121] În sensul dat de noi (1964, 1965, 1966) acestei noțiuni.

[122] *Contribuții la interrelația centru-periferie în psihiatrie*, Teză, Timișoara, 1970.

[123] Structura poate fi privită și ca informație stocată, iar informația poate fi structurantă.

prin decizia sa asupra sensului ce-l are pentru el un eveniment oarecare".

O altă legătură se realizează prin mijlocirea noțiunilor de entropie și de negentropie (referitoare la *ordine*). Omul este ființa desfășurărilor antientropice; „însuși model al lumii", citește și *umanizează* lumea prin prisma acestui model. Desfășurarea antientropică este un alt nume pentru autodepășire, iar „patologia în bună parte este un viciu al autodepășirii" [124].

★

În examinarea raporturilor dintre omenire și entropie (termodinamică) se conturează două poziții (H. Wald). Una — calificată cu o discutabilă îndreptățire drept „neopozitivistă" —, „reducînd" treptat ontologia la gnoseologie, gnoseologia la logică, logica la semiotică, consideră că omul este un sistem de organizare a materiei, cu o capacitate informațională mai mare. Superioritatea omului față de celelalte existențe încetează să mai fie calitativă. „Reificat" (*res* = = lucru), subiectul nu mai poate opune decît o rezistență temporară creșterii inexorabile a entropiei. N. Wiener se teme că noile arme inventate de om „au ca efect să crească entropia acestei planete pînă cînd toate diferențele dintre căldură și frig, bine și rău, om și materie dispar pentru a forma focul alb al unei noi stele" [125]. Dacă natura se îndreaptă spre o „moarte termică" (spectrul lui Clausius, combătut încă de Engels), cultura s-ar îndrepta spre o „moarte informațională". Iată ce spune Cl. Lévi-Strauss: „Fiecare vorbă schimbată, fiecare linie imprimată stabilește o comunicare între doi interlocutori, făcînd staționar un nivel care se caracteriza mai înainte printr-o deosebire de informație, deci printr-o organizare mai mare. Mai degrabă decît antropologie ar trebui să se scrie

[124] Este și un fenomen de dezordine, dar nu *orice* fel de dezordine. „Psihopatologia este modalitatea în care poate avea loc un tip de dezordine în ființa prin excelență informatică, care este omul" (St. Stoessel). Într-o ordine de idei apropiată, D. Ogodescu a numit schizofrenia o „entropofrenie".

[125] N. Wiener. *Cybernétique et société*, Paris, 1962, p. 161, 168.

entropologie, numele unei discipline menite să studieze în manifestările lui cele mai înalte acest proces de dezintegrare" [126].

Cealaltă poziție susține că „omul, prin puterea de creație a minții sale, izbutește să răstoarne sensul celui de-al doilea principiu al termodinamicii... Datorită muncii, vorbirii și gîndirii umane, puterea *culturală* de organizare contracarează neîncetat tendința *naturală* de dezorganizare. În competiția dintre integrare și dezintegrare, inițiativa a fost preluată de capacitatea integratoare a omului. Prin inventivitatea sa inepuizabilă, omul sporește diferențierea și se opune astfel uniformizării... Descoperind esența lucrurilor și legile lor de dezvoltare, omul reușește să micșoreze distanța dintre necesitate și întîmplare, să economisească risipa de energie din natură și societate și să sporească necontenit ordinea în lume... Prin muncă, omul tezaurizează negentropie în produse materiale, iar prin vorbire și gîndire, el depozitează negentropie în produse spirituale" [127]. Mai departe, H. Wald susține că, deoarece omul, prin observarea fenomenelor, poate descoperi *esența* lor logică, el este „singurul sistem de organizare din care poate să iasă mai multă informație decît a intrat... Antropologia nu este deci o entropologie, ci mai degrabă o negentropologie, știința conservării și sporirii informației".

Desigur, și această lucrare a lui H. Wald este străbătută de preocuparea de a reliefa „inepuizabila capacitate negentropică a activității omenești". Dar Wald uită că omenirea *continuă* o activitate organizatoare evidențiată încă la nivel biologic. După cum și Lévi-Strauss confundă creșterea entropiei prin egalizarea unei diferențe de nivel cu creșterea informației prin *ridicarea* nivelului de organizare. După cum și

[126] Cl. Lévi-Strauss. *Tristes tropiques*, Paris, 1965, p. 374.

[127] H. Wald. *Mai degrabă „negentropologie"!...*, în „Viața Românească", 1967, an 20, nr, 6, p. 186.

N. Wiener nu-şi dă seama că eventuala distrugere a omenirii folosind maşinile, „sinucidere din prostie“ (Wiener, 1965), ar fi tot un *efect informaţional* [128].

După H. Wald, există o „unitate profund dialectică între entropie şi negentropie“, care este strîns legată de unitatea dialectică dintre natură şi om. Omul fiind natura care capătă cunoştinţă de sine, la nivelul culturii umane „competiţia dintre informaţie şi entropie este condusă din ce în ce mai mult de informaţie“ [129]. Aceasta se datoreşte sau se bazează pe capacitatea omului de *a prevedea* evenimentele viitoare din lumea exterioară şi de a le influenţa în propriul său avantaj, de a rezolva problemele înainte ca acestea să-l copleşească. Căzut într-o cursă, leul se eliberează prin forţă brută; omul, prevăzător, nici nu cade în ea [130].

Dar N. Wiener crede că previzibilitatea creşte o dată cu creşterea entropiei şi scade o dată cu creşterea informaţiei. După H. Wald, imprevizibilitatea poate creşte o dată cu creşterea informaţiei, datorită organizării conştiente a societăţii. Probabil că „modelul“ societăţii capitaliste l-a împiedicat pe Wiener să sesizeze deosebirea radicală dintre previzibilitatea crescîndă a evenimentelor în urma uniformizării spontane şi previzibilitatea crescîndă a evenimentelor în urma diferenţierii conştiente. „În orînduirea comunistă, previzibilitatea crescîndă a evenimentelor va fi aceea care va asigura imprevizibilitatea creaţiilor omeneşti datorită dezvoltării impetuoase şi multilaterale a *personalităţilor*“ [131].

[128] Efecte *fizice* informaţionale pot favoriza creşterea entropiei termodinamice (ca în procesul banal al excitaţiei unui muşchi de către nerv). Este o situaţie dialectică. În reglarea cibernetică de tip *feed-back* negativ, energia purtătoare de informaţie are un efect contraaleator, antientropic.

[129] H. Wald. *Realitatea şi limbajul*, în „Revista de filozofie“, 1965, vol. 12, p. 1 669.

[130] Exemplul este luat din K. Steinbuch. *Automat und Mensch*, Berlin, Göttingen-Heidelberg, 1961, p. 193 şi urm.

[131] H. Wald, *art. cit.*, p. 1 669 (sublinierile ne aparţin).

Firește, această creştere a *libertăţii* umane este, în ultimă instanţă, legată de amplificarea universului gnosinformaţional. Libertatea „este direct proporţională cu capacitatea de decizie responsabilă a individului în acţiunile sale“ [132], şi aci se întrevede un alt sens *umanist* al informaticii.

[132] M. Maliţa, *Cronica anului 2000*, p. 198—199.

ANEXE

Definiția probabilității este utilă (și necesară) în legătură cu experimente, probe, procese, observații etc. care conduc la rezultate diferite, în funcție de împrejurări *pe care nu le cunoaștem sau de care nu știm cum să ținem seama* [1]. Aplicarea matematicii la studiul fenomenelor de acest gen se bazează pe faptul că, în multe cazuri, la repetarea de mai multe ori a aceluiași experiment, în condiții *grosso modo* identice, frecvența relativă a apariției rezultatului considerat (adică raportul dintre numărul de experimente în care a fost observat acest rezultat și numărul total de experimente efectuate) rămîne tot timpul aproximativ aceeași, apropiată de un număr p (constant). Acest număr caracterizează în mod obiectiv procesul (evenimentul) considerat (deci probabilitatea nu este o măsură a incertitudinii sau a neinformării subiective!). Este evident că $0 \leqslant p \leqslant 1$. Cazurile extreme sînt cele în care evenimentul este imposibil ($p = 0$) și în care evenimentul se produce întotdeauna ($p = 1$, numit — cu un termen psihologizant — evenimentul *cert* sau *sigur*).

Pentru matematician, „știința care se ocupă cu studiul proprietăților probabilității și cu aplicațiile acestei noțiuni se numește *teoria probabilităților*“ [2].

[1] A. M. Iaglom și I. M. Iaglom. *Probabilitate și informație*, p. 13.

[2] *Op, cit.*, p. 14.

Această frază este aproape corectă dacă ne gîndim că probabilitatea este un *număr*. Unii autori obișnuiesc să facă o deosebire între *calculul probabilităților*, dezvoltat în secolele XVII—XX, și *teoria* probabilităților, reconstruită în ultimele patru decenii pe baze axiomatice (Kolmogorov, 1929).

Dacă luăm însă în considerație *diferitele* aplicații și implicații ale noțiunii de probabilitate, vedem că teoria *matematică* a probabilităților nu acoperă decît o parte din acest sector, deși poate constitui o bază temeinică pentru întreg domeniul. Amintim că există o logică *probabilistă* (Reichenbach ș.a.) și că noțiunea de probabilitate este înrudită cu cea de *plauzibilitate* (aplicația calculului probabilist la problema plauzibilității utilizează larg inegalități și de *inecuații*, ceea ce constituie o particularitate remarcabilă) [3]. S-ar putea spune că și în domeniul probabilității teoria matematică a folosit o noțiune de uz curent, dîndu-i precizie, dar „sărăcindu-i conținutul".

Modelele „fizice" de bază în teoria probabilităților sînt modelul aruncării zarurilor (de unde termenul de *aleator*) și al extragerii bilelor dintr-o urnă în care se găsesc amestecate bile de mai multe culori. Cei doi Iaglom consideră fundamental modelul urnei (aruncarea unei monezi sau a unui zar poate fi privită drept *caz particular* al problemei *urnei*). Modelul zarului și al monezii are o însemnătate euristică deosebită, deoarece el face intuitivă noțiunea de *echiprobabilitate* [4].

Evenimentele care „pot să se producă sau să nu se producă" în urma unui experiment efectuat se numesc *evenimente întîmplătoare* sau *aleatorii*. Într-un șir de experimente, rezultatele aleatorii se produc cu proba-

[3] Vezi G. Polya. *Matematica și raționamentele plauzibile*, București, Editura științifică, 1963. Ch. Darwin, în *Originea speciilor* (1859), a făcut raționamente cantitative și semicantitative (dar nematematizate) de tip plauzibil și probabilist.

[4] După O. Onicescu (*Principiile teoriei probabilităților*, București, Editura Academiei R.S.R., 1969, p. 15), modelele matematice originare ale teoriei au fost urna lui Bernoulli (modelul extracțiilor repetate) și modelul lui Gauss (rezultatele unui mare număr de măsuri independente ale aceleiași mărimi). Este util să le adăugăm

bilitățile $p(A_1)$, $p(A_2)$ etc. sau, pe scurt, (A_i) ori p_i; această corespondență definește o *tabelă* de probabilități (o distribuție sau repartiție de probabilități).

Echiprobabilitatea joacă un rol important în aplicațiile practice, ca și în „filozofia" probabilității. După principiul zis al „rațiunii insuficiente" (Laplace), două evenimente sînt presupuse a fi egal probabile dacă nu există nici un fel de date, de probe sau de motive care să ne permită a le considera altfel. (Acest principiu se extinde, evident, și la n evenimente).

$A_1, A_2 \dots A_k$ sînt k evenimente (reciproc) independente dacă realizarea unuia dintre ele nu modifică probabilitatea apariției altuia. Probabilitatea apariției succesive (sau simultane) a celor k evenimente este atunci dată de regula de înmulțire a probabilităților:

$$p(A_1, A_2 \dots A_k) = p(A_1) \dots p(A_k)$$

Inegalitatea se obține în cazul unui grad de dependență. Noțiunea de „independență reciprocă" este foarte importantă în gîndirea probabilistă. Principial, calculul probabilității poate fi aplicat în vaste domenii ale biologiei *tocmai* pentru că aici ne întîlnim cu unități reciproc independente [5]. Un „model fizic" al evenimentului „compus" $A_1A_2 \dots A_k$ îl reprezintă aruncarea *succesivă* a unei monezi (de k ori) sau *simultană* a k monezi. „Echivalența" acestor situații (faptul că se poate face abstracție de timp) arată tocmai această independență.

O noțiune de mare însemnătate în aplicațiile teoriei probabilităților la teoria informației este aceea de *probabilitate condiționată*. Aici evenimentul A influențează probabilitatea evenimentului B. Un „model

schema laplaceană, care ridică modelul gaussian la nivelul universal, *modelul lui Gibbs* privind sistemele mecanicii statistice și *modelul lui Poisson* al evenimentelor rare. Schema laplaceană admite determinismul mecanicist universal, dar totodată postulează cunoașterea *mereu imprecisă* a stării universului. Gibbs nu vorbește despre frecvențe, ci în mod direct de probabilități. L. Janossy (1954) a comparat probabilitatea cu temperatura construind un model cu înregistrările unui contor Geiger-Müller.

[5] P. Vendryes. *Vie et probabilité*, Paris, A. Michel, 1942.

fizic" este extragerea succesivă a bilelor dintr-o urnă în care există bile de diferite culori; fiecare extracție (cu bila *neîntoarsă*) modifică probabilitatea $p(B)$ de apariție a unei bile avînd o anumită culoare. Vom nota probabilitatea condiționată cu $p_a(B)$. Dacă $p_a(B) = p(B)$, atunci influența producerii evenimentului A a fost nulă : este *o definiție matematică precisă a noțiunii de independență*. Se arată că

$$p(AB) = p(A) \cdot p_A(B)$$

(este o regulă generalizată de înmulțire a probabilităților) și această regulă poate fi generalizată la rîndul ei pentru k rezultate ale evenimentului A_i (formula probabilității totale).

Probabilitatea unui eveniment poate fi evaluată aproximativ după rezultatele unei serii lungi de experiențe (făcînd deci *statistica* evenimentelor). În jurul anului 1930, v. Mises a încercat să sistematizeze teoria probabilităților pornind de la noțiunea de frecvență : „Fizicienii și inginerii au și azi o mare atracție pentru această teorie, în care probabilitatea este o frecvență-limită, curățată de aspectul său aleator" [6].

Dar teoria frecvențională nu poate fi admisă pentru amestecul ei de elemente empirice și geometrice. Teoria probabilităților este privită ca o ramură a matematicii, și nu ca o știință a naturii [7]. Teoria lui v. Mises poate fi privită mai curînd ca un element de bază al statisticii teoretice (O. Onicescu, 1969).

Există și alte fundamentări ale teoriei probabilităților. De Finetti (1949) și A. Renyi pornesc de la probabilitățile *condiționate;* sînt scheme care pot fi legate de teoria informației, determinarea probabilității fiind făcută prin trepte succesive, obținute prin informații din ce în ce mai complete (probabilitatea absolută definită ca limită de probabilități condiționate). Ideile lui Finetti pot fi privite ca una dintre bazele *teoriei deciziei.* Legătura între probabilitate și mișcările minții noastre în timpul activității inductive sau de decizie este teza centrală a *Logicii șansei,* publicată de J. Venn în 1888. Bernoulli *(Ars conjectandi),* ca și de Finetti, se referă la „probabilitățile" implicate în ceea ce N. Georgescu-Roegen [8] numește *rational guessing.* Statistica ar fi, după acest autor, știința acestui *rational guessing.*

O. Onicescu a reconstituit (recent) teoria probabilităților pe teoria funcțiilor-sumă, în strînsă legătură cu capitole ale teoriei informației : o teorie „care se adresează direct evenimentelor și nu mai mult reprezentărilor lor într-un spațiu convențional" [9].

★

Mai subliniem faptul că gîndirea probabilistă (mod specific de gîndire) a apărut relativ tîrziu în cadrul spiritului științific (P. Suppes, 1967) : *ontogenetic,* ideea de hazard este înțeleasă de asemenea tardiv (J. Piaget și B. Inhelder, 1951) [10].

Nu numai legăturile teoriei probabilității cu termodinamica și cu teoria informației (dar și ele) arată că „probabilitatea este un domeniu unde sesizăm pe viu interacțiunea dintre materie și psihic" [11].

DESPRE STATISTICĂ

Statistica a început prin a fi o știință socială metodologică „care studiază latura cantitativă a fenomenelor de masă" (K. V. Ostrovitianov, 1954), dar a ajuns să se constituie și o *statistică matematică,* care studiază relațiile cantitative în fenomene de masă supuse unei

[6] O. Onicescu, în vol. *Probleme actuale de matematică,* 1964, p. 24.

[7] R. Theodorescu și C. Zidăroiu. *Despre axiomatizarea teoriei probabilităților,* în „Revista de filozofie", 1967, vol. 14, nr. 4, p. 343—357.

[8] *Acta Logica,* 1967, vol. 10, p. 61—91.

[9] O. Onicescu, *op. cit.,* p. 236.

[10] E. Fischbein, I. Pampu, I. Mânzat. *La nature psychologique du concept de probabilité et l'éducation intellectuelle,* în „Rev. roum. sci. sociales-psychol.", 1969, vol. 13, nr. 2, p. 155—166.

[11] O. Costa de Beauregard, în vol. *Știință și sinteză,* p. 205.

multiplicități de cauze. *Procedeele statistice* (sau *metodele* statistice) se aplică, de fapt, cifrelor transformate într-o „populație (sau o societate) de cifre" (R. H. Hazemann, 1955). Strîns legată de teoria probabilității (de la lucrările lui J. Bernouli, Laplace, Gauss, Quételet), statistica matematică servește, în unele științe, teoriei (ca în microfizică), în altele — metodei [12]. Am deosebit, cu alte ocazii, aplicațiile *metodologice* ale statisticii la evidență (statistica descriptivă), la analiza faptelor și relațiilor (statistica analitică), la triajul și generalizarea concluziilor (statistica inductivă), la organizarea cercetării etc. [13].

Abordarea statistică poate fi exhaustivă, a unei colectivități (de exemplu o țară), dar poate fi și o abordare de *eșantion* (mostră) — și în acest caz scopul principal al investigației critice este *estimarea* parametrilor populației pornind de la datele obținute prin măsurători sau numărători în eșantion (mostră, „selecție"). De exemplu, media $\bar{X}$ a unui eșantion diferă de media populației, dar este o *estimație* bună (cu o bună aproximație) a mediei populației atunci cînd volumul mostrei (numărul n al observației) este suficient de mare. Valoarea estimației depinde de *variabilitatea* intrinsecă a populației, de împrăștierea observațiilor X_i în jurul mediei $\bar{X}$. Un indice al acestei dispersii este varianța

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \Sigma(X - \bar{X}_i)^2$$

Rădăcina pătrată din varianță σ este *deviația standard* sau *abaterea pătratică medie*. Cînd $\sigma \neq 0$, trebuie să ne așteptăm ca să existe diferențe de la o mostră la alta, adică să existe *fluctuație de eșantionaj*.

[12] Vezi, pentru discuția problemei, V. Săhleanu. *Metode matematice în cercetarea medico-biologică*, București, Editura medicală, 1957, p. 35—36 și 355—364; V. Săhleanu. *Metoda statistică*, în vol. *Dialectica materialistă, metodologia generală a științelor particulare*, București, Editura Academiei R.P.R., 1963, p. 375—395.

[13] V. Săhleanu. *Matematica în biologie și medicină*, în vol. *Materialismul dialectic și științele contemporane ale naturii*, vol. III, București, Editura politică, 1963, p. 154—187.

De obicei se spune că abordarea statistică se aplică la fenomene de masă în care intervin colective mari de obiecte, la care nu este posibil să se studieze în parte toți factorii determinanți. Abordarea statistică se aplică însă și oriunde intervine „hazardul" sau „întîmplarea", iar calculul probabilităților ne pune la dispoziție mijloace de a stabili „legi ale hazardului".

În sens mai strict, vorbim de o abordare statistică atunci cînd este dată o *distribuție*. De pildă, deși încă în 1738 D. Bernoulli explica presiunea gazelor ca un efect al deplasării permanente a moleculelor care se izbesc de pereți (considerînd că ele au aceeași viteză), mecanica *statistică* a gazelor a fost inaugurată abia de către J. C. Maxwell, care (1860) a stabilit *distribuția* statistică a vitezelor unui gaz. Dacă D. Bernoulli a creat teoria *cinetică* a gazelor, Maxwell, Boltzmann și J. W. Gibbs au creat mecanica și termodinamica *statistică*, aplicînd noțiuni și metode statistice.

Metodele statistice („analitice", în sensul dat de noi acestui cuvînt) permit să se descopere *trăsături* caracteristice ale colectivităților și *regularități statistice* care nu sînt întotdeauna evidente.

Legile statistice pot fi definite ca legi exprimînd relații între evenimente, proprietăți sau mărimi [14] care sînt toate sau în parte statistice. Ele pot fi identificate ca atare prin faptul că, pe măsură ce numărul de elemente la care se referă ele scade, rezultatul experienței prezintă fluctuații tot mai mari față de evoluția (medie) descrisă prin acele legi. Invers, „adevărul statistic" este acela care se verifică cu o aproximație cu atît mai bună, cu cît șirul (numărul) de elemente (observații) este mai mare. Nu este însă obligatoriu ca aproximația să devină mai bună cu o mare regularitate (noțiunile de *lege a numerelor mari* și de *tendință în probabilitate*).

[14] De pildă, relații referitoare la frecvența (medie) a unui cuvînt într-un text sau a unui anumit aminoacid într-o proteină.

Dacă X este o variabilă aleatoare discretă, care ia valorile X_i (întregi) cu probabilitățile $p_i(\theta)$, iar frecvențele absolute cu care observăm x_i sînt z_1, funcția de verosimilitate este :

$$L(x_i\,;\,\theta) = [p_1(\theta)]z_1\,[p_2(\theta)]z_2 \ldots [p_n(\theta)]z_n(*)$$

Dacă X este o variabilă aleatoare continuă cu valorile x_i, iar densitatea de probabilitate este $f(x\,;\,\theta)$, atunci funcția de verosimilitate este

$$L(x_i\,;\,\theta) = f(x_1\,;\,\theta)\,.\,f(x_2\,;\,\theta) \ldots . f(x_n\,;\,\theta)$$

Așadar, funcția L a unei serii de observații este probabilitatea compusă a apariției evenimentelor (respectiv probabilitatea compusă a densităților de probabilitate).

Trecînd la logaritmi, problema de maximum este

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \theta} = 0$$

Cu o bună aproximație, pentru valori mari ale lui n (cînd $z_j \approx np_j$) :

$$\frac{\partial^2 \ln L(\theta)}{\partial^2 \theta} = -n\Sigma \frac{1}{p_j}\left(\frac{\partial p_j}{\partial \theta}\right)^2 = ni$$

Putem scrie de asemenea :

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \theta} = (\hat{T} - \theta)ni$$

Numărul i este numit *informația expectată* (a unei estimații eficace) pentru o observație. Această informație depinde de *probabilitățile* p_j. Putem spune că i este *măsura* cu ajutorul căreia putem evalua diferitele valori estimate ale parametrilor. Pentru n mare, T are o varianță egală cu $1/ni$.

Dacă varianța este mai mică decît $1/ni$, estimația nu dă întreaga informație conținută în datele de observație și este, ca atare, mai puțin eficace decît valoarea obținută prin metoda verosimilității maxime.

A) Importanța pe care o joacă numărul 2 în știința (actuală) a informației a reieșit, de exemplu, din folosirea logaritmilor în baza 2 pentru măsurarea cantității de informație, din utilizarea codurilor binare, din situația preferențială dată — în variate probleme — situațiilor cu *două* grupe, *două* evenimente etc. Ar fi cu totul insuficientă explicația după care aceste situații sînt avantajate din cauza simplicității lor sau a caracterului intuitiv („modelul" aruncării monezii, de exemplu) [15]. De asemenea, nu este completă nici explicația care se referă la întrebuințarea lămpilor electronice, a schemelor cu contacte și relee etc. în mașinile informaționale actuale [16].

Motivul principal pare a fi unul de o extremă banalitate : este structura rațională a gîndirii noastre, care operează într-o logică bivalentă (cu două valori) [17]. La rîndul ei, această situație reflectă — poate — și importanța polarităților (bipolarităților) și a mărimilor complementare sau conjugate, în structura și dinamica realității. Această importanță este subliniată în viziunile dialectice ale lui Hegel, Marx, Engels și Lenin (după acesta din urmă, este vorba de „*dedublarea* unicului" în părți contradictorii).

Tot pe plan ontologic întîlnim marea însemnătate a *dedublării* în părți similare, la anumite nivele de organizare a materiei vii (ADN, diviziune celulară etc.). În sistemele excitabile, legea „tot sau nimic" întruchipează, de asemenea, o situație dual㠹. Pe planul

[15] În aritmetică sînt deseori mai intuitive sau mai comode operațiile care acordă lui „10" rolul central sau de referință (zece degete la mînă, sistem zecimal în scriere, sistem zecimal al unităților fizice etc.).

[16] Asemenea elemente componente ale mașinilor se caracterizează, după cum știm, prin aceea că au numai *două* stări funcționale.

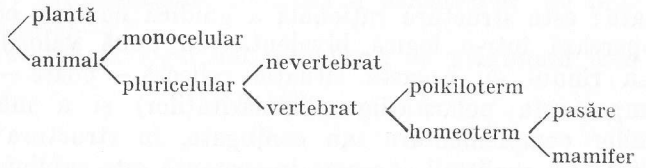
[17] Reamintim că „există" și logici cu mai multe valori (modale, polivalente, probabiliste etc.), dar ele „există" *mai ales* ca mijloace de calcul elaborate de logicieni într-o *metalogică* cu două valori.

practicii sociale (și social-economice) funcționează de multe milenii *dicotomiile*.

B) Valoarea *metodologică* a „binarismului" a fost subliniată, printre primii, de Lewis Carrol în povestirea sa *Alice în țara minunilor*, unde se descrie un „cod binar". Definirea, precizarea, depistarea unui obiect cu ajutorul unui „arbore de decizii" este însă folosită larg în practica naturaliștilor, sub forma determinatoarelor-cheie.

J. Loeb a făcut unele considerații asupra faptului că semnalul „există sau nu există" și asupra legăturii „atomului de semnal" cu relația de incertitudine a lui Heisenberg [18].

Fie un „arbore de decizii binare" de tipul schematizat mai jos.



Să notăm prin 1 decizia figurată prin alegerea căii drepte la o bifurcație, și prin 0, decizia figurată prin alegerea căii stîngi.

În cazul acesta, notația „pasăre" corespunde (atunci cînd am convenit să folosim arborele de decizii de mai sus) cifrei 1 1 1 1 0. Noțiunea „pasăre" se găsește la capătul a 5 decizii binare; avem nevoie de 5 cifre în sistemul binar pentru a o „numerota", iar demersul corespunde la 5 biți de informație. Un arbore complet (în care dicotomiile s-ar succeda regulat atît la capătul ramurilor stîngi ale bifurcațiilor, cît și la capătul ramurilor drepte) ar avea 2^5 note finale.

Bineînțeles că aceasta nu ne dă nici o indicație despre conținutul de „informație structurală" al unui mamifer; demersul are valoare „diagnostică".

[18] J. Loeb. „La technique moderne", 1952, vol. 44, p. 193.

C) Dacă o situație reală este categorisită în r categorii, cu probabilitățile asociate $p(i)$ (unde $i = 1,2,...,r$), este posibil să reprezentăm orice eveniment în medie prin

$$-\Sigma p(i) \log_2 p(i)$$

simboluri binare. O ilustrare a acestei teze o reprezintă codificarea propusă de R. M. Fano (1949).

Dacă un eveniment poate fi reprezentat (în medie) prin n unități binare, atunci el poate reprezenta simbolic (sau poate fi reprezentat prin) orice alt eveniment care poate fi codificat prin n unități binare.

Aceasta este o condiție generală de reprezentabilitate.

D) L. Frobenius a arătat că, în diferite culturi, se poate găsi o preferință pentru *anumite* numere cărora li se atribuie o simbolică, în corelație cu considerații mitologice [19]. Astfel „3" este numărul repetiției și ordonării în timp, al dinamicii; „4" este legat de structura spațială a lumii, iar numărul „2" — divizibil — corespunde unui deosebit simț al spațialității și al rationalului.

E) Sînt situații în care tehnica de investigație dominată de binarism eșuează, fiind necorespunzătoare [20].

ENTROPIA TERMODINAMICĂ

Entropia termodinamică este o mărime care poate primi diferite „interpretări".

1) Clausius a numit-o *entropie* (de la *en* — în și *tropé* — transformare, adică *conținut al transformării*), definind-o astfel:

$$dS = \frac{dQ}{T},$$

[19] L. Frobenius. *Schicksalskunde im Sinne der Kulturwerdens*, Leipzig, Ed. Voigtländer, 1932, p. 116 și urm.

[20] H. H. Stahl. *Sistem binar și gîndire în obștie difuză*, în *Almanahul civilizației*, București, Editura științifică, 1968, p. 19—22.

unde dQ este căldura furnizată unui sistem, iar T temperatura absolută (în grade Kelvin) la care se găsește. Entropia este deci o „căldură redusă". Este o primă definiție *energetică*. Dacă admitem că la $T = 0$, $S = 0$ (teorema lui Nernst), atunci entropia (ca funcție de stare) reprezintă suma căldurilor reduse care ar fi necesare pentru a aduce sistemul respectiv de la zero absolut la starea actuală.

2) Entropia fiind o funcție de stare, a cărei valoare nu depinde de „calea" prin care s-a obținut starea exactă, înseamnă că (în spațiul fazelor) mărimea corespunzătoare trebuie să fie o diferențială total exactă. Inversul temperaturii absolute este un „factor integrant". Caracterizarea 2) este una *parametrică*.

3) În conformitate cu un principiu energetic de bază, orice variație de energie poate fi descompusă (factorizată) într-un factor de nivel (intensiv, de potențial) și un factor de capacitate (extensiv). În transformările calorice, T este factorul de nivel, iar S este factorul de capacitate (Rankine, Ostwald):

$$dQ = T\frac{dQ}{T} = T \cdot dS.$$

Caracterizarea este *factorială*.

4) Energetic, mai precis, *termodinamic* în sens strict, entropia măsoară „căldura degradată"; iată de ce energia utilizabilă a fost denumită de L. Brillouin „negentropie".

5) Din punctul de vedere al mecanicii statistice, entropia măsoară gradul de dezordine (este o caracterizare *taxiologică*). Schrödinger a aplicat cel dintîi acest concept la biologie.

6) Din punct de vedere probabilist, entropia măsoară gradul de probabilitate al stării sistemului (sau, mai bine, creșterea entropiei exprimă trecerea într-o stare mai probabilă). Această caracterizare face din variația entropiei o măsură a ireversibilității.

7) Din punct de vedere statistic, entropia măsoară (logaritmic) variabilitatea virtuală a microstării corespunzătoare, respectiv specificitatea. La elaborarea ca-

racterizărilor 5—7 a contribuit Boltzmann, iar critica contemporană a interpretării se datorește lui Bonsack.

8) *Operațional*, entropia poate fi discutată în legătură cu „experimentul mintal" al demonului maxwellian. Această interpretare se conectează cu cele informaționale.

9) Pentru Wilson [21], operația „de bază" comună definirii entropiei și informației este *alegerea*. Entropia este o măsură logaritmică a variabilității colecției din care se poate efectua o alegere (de exemplu, selecția naturală). Și demonul maxwellian trebuie să aleagă pe baza informației (Szilard).

10) Boltzmann s-a referit explicit la numărul complexiunilor microscopice corespunzătoare unei anumite stări macroscopice *în cadrul modelului său fizic* [22]. Brillouin le-a asociat mărimea numită „informație legată", căreia i-a dat semn algebric diferit de semnul entropiei (ceea ce nu este just, după Wilson).

11) Abordarea „informațională" a entropiei termodinamice poate porni de la caracterizările *formal matematice* ale acesteia din urmă (Jaynes, Guiașu). Reamintim că măsura logaritmică corespunde unui anumit gen de aditivitate, dar (complementar) și unor relații de tip exponențial. Celebrul „n log n", despre care un autor spunea că este o expresie cu un „mare viitor", se întîlnește ca urmare a logaritmării formulei lui Stirling de *aproximare* a lui $n!$ (dar ea poate să apară și pe alte căi) [23]. Caracterizarea *formal-matematică* se întîlnește la Wiener și la Shannon. La N. Wiener, la J. v. Neumann, la L. Brillouin întîlnim abordarea termodinamică a conceptului de informație.

---

[21] *Entropy, not negentropy*, în „Nature", 1968, vol. 219, nr. 5 123, p. 535—536.

[22] Este evident că situația e diferită în cazul relațiilor „microscopic — macroscopic" dintr-un organism viu. În modelul termodinamicii, legătura este slabă, mărimile microscopice sînt „medii statistice" etc.

[23] A se vedea P. Chambdal, *Evolution et applications du concept d'entropie*, Paris, Dunod, 1963. Autorul compară formula lui Boltzmann cu alte două formule „celebre": cu formula lui Euler ($e^{\pi i} = 1$) și cu formula lui Einstein ($E = mc^2$).

12) Din perspectivă „deterministă", entropie termodinamică înseamnă „libertatea", pentru un macrosistem, de a avea numeroase complexiuni, iar entropie informațională — „libertatea" de a alege sau (în cazul schemei Shannon) libertatea unei desfășurări de a duce la diferite „ocurențe" și deznodăminte *(issues)*.

13) Wehrlé (1956) a susținut că formula lui Boltzmann se aplică *fluctuațiilor*, și nu evoluției. Principiul al doilea al termodinamicii ar fi un caz particular al legii „economiei maxime a rezervelor facultății evolutive". Valabilitatea *restrînsă* a legii creșterii entropiei în univers a fost susținută și de A. Ducrocq [24].

14) G. A. Sacher [25] a arătat că *fluctuația* entropiei Boltzmann poate fi aproximată printr-o expresie formal-identică cu definiția informației după Fisher :

$$S^0 = -\int \frac{\partial^2 \log p}{\partial x_0^2} p dx$$

DESPRE IREVERSIBILITATE

Ireversibilitatea este obsesia fizicii introdusă în gîndirea modernă de către termodinamică. Timpul are o *săgeată* (Eddington), *direcție* (H. Reichenbach); ireversibilitatea este „al doilea principiu al științei timpului". (O. Costa de Beauregard — primul principiu fiind atît de combătuta „echivalență cu spațiul"). La *descoperirea timpului* a contribuit masiv, în ultimele două decenii, și cibernetica (N. Wiener, J. Guillaumaud), deși acest fapt este numai o extensie a ceea ce arătaseră biologia și psihologia.

O. Costa de Beauregard a arătat că ireversibilitatea nu este niciodată conținută în ecuațiile elementare de

[24] A. Ducrocq face observația că perspectiva entropică a fost stabilită imaginîndu-se sisteme lipsite de determinare internă, în care componenții sînt izolați și nu sînt dirijați de către cîmpuri (gazele „ideale" în sisteme închise). Cf. *Romanul materiei*, București, Editura științifică, 1966, p. 102.

[25] G. A. Sacher. *Entropic contributions to mortality and aging*, în vol. *Symposium on information theory in biology*, p. 324—326.

evoluție, ci că ea este impusă din exterior ca o condiție la limită. În alți termeni : predicția statistică „oarbă" nu este echivalentă cu retrodicția, în retrodicție nu avem dreptul să considerăm toate posibilitățile ca egal de probabile, ci trebuie să impunem fiecăreia din ele o pondere statistică aleasă din exterior. În statistica propriu-zisă există o ireversibilitate *extrinsecă* (introdusă prin principiul lui Bayes) : ideea a fost schițată încă de Van der Waals (1911). Aceasta, deoarece orice sistem studiat este un subsistem, se inserează într-un sistem mai vast, ceea ce face ca analiza unei probleme (cum ar fi dizolvarea unei picături de cerneală într-un pahar cu apă) să ia o „alură cosmologică". Universul, privit sub unghiul statistic, ne trimite nu numai la cosmologie, ci și la psihologie, deoarece atît probabilitatea cît și entropia sînt, în același timp, obiective și subiective.

Autorul crede că diferitele principii de ireversibilitate fizică (al creșterii entropiei, al întîrzierii undelor) au la bază un principiu unic, statistic, pe care l-ar putea eventual lămuri considerente informaționale, deoarece „noțiunea de informație este implicită în toate problemele clasice ale calculului probabilităților". Unele reversibilități *de jure* sînt concretizate în *ireversibilități de facto*, și în acest sens este semnificativă asimetria următoare: procesul de observație (de dobîndire de informații) este mult mai facil decît procesul acțiunii (de reînvestire a informației în negentropie). În același mod se explică de ce cauzalitatea este mai evidentă decît finalitatea și prevalează asupra ei [26].

ELEMENTELE CIRCUITELOR DE REGLAJ

După A. Ducrocq, într-un circuit de reglaj se pot pune în evidență patru *roluri (organigramă)* : a) de

[26] Cf. volumul colectiv *Știință și sinteză*, București, Editura politică, 1969, p. 203 și 323; *Two principles of the science of time*, în „Ann. N. Y. Acad. Sci.", 1967, vol. 138, p. 407—421.

motor (vîslașii) (are rolul de a modifica lumea exterioară); b) de comandă (timonierul); c) de detectare și de comparare (pilotul); d) de fixare a obiectivului (căpitanul corăbiei) (programul, valoarea dorită).

Căpitanul este de fiecare dată „transcendent" sistemului pe care-l reglează. Retroacțiunea este realizată prin informațiile care vin de la lumea exterioară la sistemul de reglare (valoarea actuală) și ajung la pilot [27]. Sarcina sa este definită ca *prelucrare a informației*. În organul de comandă intră energie, din motor iese energie, la detector ajunge informație. Linia de energie este un curent „tare"; aceea de informație este un curent „slab". Informația se deplasează în sens invers energiei, dar relația nu este simetrică (energia purtătoare de informație este relativ neînsemnată) și de aceea această „dualitate sau opoziție" nu este un „cerc vicios" (logic) (G. Th. Guilbaud, 1954).

O intrare suplimentară de informație are loc la comparator ca urmare a „rolului căpitanului". Se poate arăta că servomecanismul poate fi privit ca o conexiune de două mecanisme *rigide;* această îmbinare (cuplare) realizează o *revoluție* în logica mecanismelor [28]. Un alt pas în evoluție îl constituie dependența (modificarea) programului de acțiunea însăși a servomecanismului (ca în sistemele *ultrastabile* ale lui W. Ross Ashby). „Ieșirile unui sistem ultrastabil reacționează asupra intrărilor sale, *inclusiv* asupra celor care corespund *alegerii* comportării" [29].

Întrebarea se pune dacă în *orice* circuit cu reglaj, „căpitanul" este de fiecare dată „transcendent" sistemului pe care îl reglează. A. Ducrocq [30] consideră — dincolo de servomecanisme — „servoreţele" dotate cu funcții (sau și cu funcții) de autoorganizare. Acțiunile exterioare

[27] Cf. P. Apostol, *op. cit.*, p. 28 și urm; J. Guillaumaud, *op. cit.*, p. 56 (mai ales tabelul).

[28] J. Guillaumaud. *Op. cit.*, p. 63.

[29] *Op cit.*, p. 70.

[30] A. Ducrocq. *Logique générale des systèmes et des effets*, Paris, Dunod, 1960.

tind să modifice structura servoreţelei; rețelele *contravariante* își vor menține structura; rețelele *covariante* și-o vor modela, „făcînd din ea un fel de imagine a mediului înconjurător". Pentru servoreţele nu mai este sigur că reglarea implică un „căpitan transcendent". În interpretare darvinistă, perfecționarea viului nu mai este privită ca o *creație pozitivă*, ci ca o *condiție* a apariției și menținerii sale. „Căpitanul" devine imanent. *Mutatis mutandis*, în democrația socialistă „funcția de căpitan devine imanentă poporului, care se găsește astfel înzestrat cu posibilitatea de autoorganizare" [31]. Se pare că această capacitate de autoorganizare presupune un grad înalt de complexitate.

ENTROPIILE LUI SHANNON

Entropia de intrare se exprimă în funcție de probabilitatea simbolurilor la intrare:

$$H(x) = -\Sigma p(x) \log p(x)$$

Entropia de ieșire se exprimă în funcție de probabilitatea la ieșire:

$$H(y) = -\Sigma p(y) \log p(y)$$

Entropia globală (totală) este:

$$H(x, y) = -\Sigma\Sigma p(x, y) \log p(x,y)$$

Aici $p(x,y)$ este probabilitatea de legătură — probabilitatea ca simbolul A_x la intrare să coincidă cu simbolul B_y la ieșire. Dacă notăm prin $p_y(x)$ probabilitatea ca simbolul B_y să corespundă la simbolul A_x emis (*Rückschlusswarscheinlichkeit*, probabilitate de concluzie) și prin $p_x(y)$ probabilitatea de trecere ca simbolul A_x să fie recepționat ca B_y, atunci transinformația este:

$$R = \Sigma\Sigma p(x, y) \log \frac{p_y(x)}{p(x)} = -\Sigma\Sigma p(x, y) \log \frac{p(x, y)}{p(x)\, p(y)}$$

[31] J. Guillaumaud, *op. cit.*, p. 213.

Entropia de echivocare este

$$H_y(x) = -\Sigma\Sigma p(x, y) \log \frac{p(x, y)}{p(y)} =$$

$$= -\Sigma p(y)\, \Sigma p_y(x) \log p_y(x),$$

iar entropia de disipare este

$$H_y(y) = -\Sigma\Sigma p(x, y) \log \frac{p(x, y)}{p(x)} =$$

$$= -\Sigma p(x)\, \Sigma p_x(y) \log p(y)$$

Între cele șase tipuri de entropii subzistă relațiile

$$H(x) = H(x, y) - H_y(y),$$

$$H(y) = H(x, y) - H_y(x),$$

$$H(x, y) = H(x) + H(y) - R,$$

$$H_y(x) = H(x) - R,$$

$$H_x(y) = H(y) - R$$

Toate entropiile definite mai sus sînt scrise în formă digitală; ele pot fi scrise în formă „analogă", de exemplu,

$$H(x) = -\int p(x) \log p(x)\, dx$$

Prin analogie cu eficiența termodinamică (randamentul), s-a definit *o eficiență informațională:*

$$\eta = \frac{H(y)}{H(x)}$$

Disimilitudinea *(Nichtähnlichkeit)* transmisiei de informație poate fi caracterizată numeric prin

$$n' = \frac{H(x) - H(y)}{H(x)}$$

Reprezentarea optimală a mărimilor de intrare prin mărimile de ieșire se realizează la $n' = 0$; ca atare, un

indice de reprezentare *(Nachbildungsgüte)* variind între 1 și 0 este suplementul lui n':

$$Q = 1 - n' = \eta.$$

INFORMAȚIA ȘI FIZICA MODERNĂ

Poate că problema pe care o abordăm într-o anexă ar fi meritat să alcătuiască tema unui capitol al lucrării. Poate că faptul de a ne fi limitat incursiunile fizice la unele aspecte de termodinamică și de biofizică reprezintă expresia unei nejustificate timidități a „noului", încă neconsolidat, în fața impunătorului edificiu al fizicii ortodoxe. Oricum, o reexaminare a unor tendințe și rezultate ale fizicii secolului al XX-lea din perspectiva care ne interesează în cadrul lucrării noastre duce la concluzii semnificative.

A) La baza raționamentelor lui Einstein din teoria relativității restrînse stă postulatul după care nici un *semnal* nu se poate propaga mai repede decît lumina.

„Legile naturii nu descriu numai rezultatele observațiilor noastre, ci delimitează și cîmpul observațiilor noastre. În aceasta constă semnificația decisivă a descoperirii de către Einstein a caracterului limitativ al vitezei luminii; aceasta era și natura spectrului introdus de teoria cuantelor, unde cuanta de energie (constanta lui Planck) se consideră că limitează finețea aprehensiunii unui sistem, date fiind mijloacele utilizate pentru a-l studia, și că limitează această finețe sub o formă de atomizare mult mai radicală și absolut diferită de tot ce și-au imaginat grecii, de tot ceea ce ne era familiar din teoria atomică a chimiei" [32].

Conexiunea dintre spiritul relativității restrînse și fizica semnalelor este subliniată și de alți autori. Transformările Lorentz ar ține de epistemologia spațiului

[32] R. Oppenheimer. *Prezența lui Einstein*, în vol. *Știință și sinteză*, București, Editura politică, 1969, p. 40.

și a timpului mai mult decît de *ontologia* lor. Dacă teoria ar fi reconstruită pornind de la *semnale acustice*, n-ar postula oare imposibilitatea de a trece bariera sonică? [33]

B) Este de subliniat însemnătatea pe care o joacă statistica matematică și teoria probabilităților în sectoare esențiale: termodinamică, radioactivitate, fizica cuantică, fizica particulelor elementare. S-a observat că „tradiția statistică" a avut un rol esențial în lucrările lui Einstein privind fotonii, mișcarea browniană etc.

Este de subliniat și faptul că în statistica cuantică „cazul pur prezintă o dispersie" (O. Costa de Beauregard). Relația lui Heisenberg poate fi obținută dintr-un model în care perturbarea este *inevitabil* legată de măsurătoare. Undele mecanicii cuantice sînt unde de probabilitate (M. Born), sînt „niște tabele, ca tabelele de mortalitate ale unei societăți de asigurări" (Landé). Interpretarea „complementaristă" a particulelor elementare admite că „există ceva sintetic" care se prezintă ca o particulă sau ca o undă, după condițiile „spectacolului". Ori de cîte ori dorim mai multă precizie în obținerea informațiilor despre un parametru, scade precizia în ce privește parametrul conjugat. Deosebirea *de principiu* față de termodinamica statistică constă în aceea că acum „abandonăm căutarea unor parametri capabili să măsoare și, prin aceasta, să prezică mai mult decît ne permite deja teoria cuantelor" (W. Heisenberg, 1965).

S-a afirmat că, introducînd termenul de informație în expunerea mecanicii cuantice, s-ar realiza un profit real. În expunerile lui v. Neumann, „acest termen se află pretutindeni în mod implicit; ar fi cazul să-l explicităm. În această lumină, reducerea pachetului de unde ... este trecerea de informație ce se obține de fiecare dată cînd se ia o probă statistică" [34].

[33] C. Muses. *Time, experience and dimensionality*, în „Ann. N. Y. Acad. Sci.", 1967, vol. 138, p. 654.

[34] O. Costa de Beauregard, în vol. *Știință și sinteză*, p. 241.

Kuznețov susține că noua logică „cuantică" implică, în locul bivalenței adevăr/ fals, trivalența, care include și nedeterminatul. În acest sens putem face distincția între *informația de prognoză* laplaceană și cea cuantică (heisenbergiană [35]); prima este utilizată în termodinamică. De altfel, principiul complementarității a devenit un „model" al unor principii de nedeterminare *informațională*, asupra cărora ne-am oprit în cursul lucrării. Relația lui Heisenberg arătînd *legătura* dintre determinările aceluiași microobiect (este o relație de impreciziune) *nu* infirmă cauzalitatea.

C) În teoria relativistă (și în geometria „fizică") a lui H. Weyl (1918), invariantul fizic cvadridimensional fundamental este acțiunea. Fiind un *număr* invariant, Eddington (1921) s-a gîndit să-l lege de logaritmul unei probabilități. Din perspectiva mecanicii cuantice, acțiunea măsoară atunci ordonarea („improbabilitatea") unui proces rezultant, care se formează prin compunerea unor acte întîmplătoare dinamic nedeterminate. Liniile de univers urmate de particule sînt liniile cele mai probabile (R. Feynman, 1948). Acțiunea corespunde la negentropie, noțiune care arată anizotropia temporală. Evoluția cosmică este determinată de trecerea la linii de univers cu valori minime ale acțiunii, la îndreptarea ireversibilă a liniilor de univers [36].

TOT DESPRE SEMNIFICAȚIE

După expresia lui A. Janiotis și H. Josselson (1961), „nu se știe exact cum este programat omul pentru a identifica o semnificație". O problemă spinoasă a psiholingvisticii și o problemă primordială a traducerii automate (efectuată de mașini cibernetice artificiale) este aceea a *polisemiei cuvintelor* [37]. În această

[35] G. B. Kuznețov. *Principiu dopolnitelinosti*, Moskva, Izd. Nauka, 1968, p. 79—82.

[36] B. G. Kuznețov. *De la Galilei la Einstein*, București, Editura politică, 1966, p. 418 și 523—524.

[37] T. Slama-Cazacu. *Introducere în psiholingvistică*, București, Editura științifică, 1968, p. 148.

privință, efortul creatorilor de limbi artificiale a fost de a evita pe cît se poate înțelesurile multiple ale cuvintelor. *Mutatis mutandis*, evitarea echivocurilor a fost privită întotdeauna ca o premisă a raționamentelor concrete, logice și matematice. Perfecționarea limbajului științific-tehnic se face în sensul monosemiei, în sensul în care valoarea informațională calitativă și cantitativă a unui cuvînt devine din ce în ce mai precisă, mai explicită.

Există însă și un alt aspect, deliberat ocolit în lucrarea noastră, legat de *simbol* și de limbajul artistic. Facem abstracție de *simbolurile convenționale* și ne referim la „gîndirea" simbolică, așa cum a fost examinată de S. Freud, de C. G. Jung (care a introdus noțiunea de *arhetip*), de E. Cassirer, de M. Eliade etc. Multivalența, polisemia simbolurilor onirice, mitologice, mistice, magice, religioase, artistice etc. este adeseori o notă caracteristică. *Mutatis mutandis*, pentru poet lumea este „o pădure de simboluri" (Ch. Baudelaire), iar R. Jakobson solicita ambiguitatea (relativă) ca pe un „corolar al poeziei". Pentru M. Ralea, pluralitatea de sensuri depășește (într-o operă autentică, de valoare) intenția sau voința autorului: „O operă e întotdeauna mult mai bogată decît crede sau vrea creatorul ei" [38]. A. Marino notează, în aceeași ordine de idei: „puterea sa de a simboliza este nesfîrșită" [39]. Însă o operă este și o simplă figură de stil. Reamintim că pentru L. Blaga, funcția limbajului poetic nu este aceea de *a lămuri* mistere, ci de a le „spori". Combinațiile de cuvinte ale poetului sînt tocmai cele care ne sugerează noi „perspective" (problematice, sau plauzibile, sau numai emoționante) asupra realității [40]. Semnul înlocuiește,

[38] Cit. în T. Slama-Cazacu, *op. cit.*, p. 162. Pentru problema sensului și a semnificației vezi Al. Boboc, în *Limbaj, logică, filozofie*, p. 231 și urm.

[39] A. Marino. *Introducere în critica literară*, București, Editura pentru literatură, 1968, p. 108. Cf. și considerațiile lui U. Eco.

[40] A. Huxley observă însă că efectul poetic nu se obține numai din ineditul combinațiilor de cuvinte sau din haloul lor, ci, uneori, din găsirea „cuvîntului potrivit (just)" (*Littérature et science*, Paris, 1966).

simbolul poetic sugerează; valențele sale sînt de domeniul implicitului. (Semnalul *semnalează* sau *semnalizează*, simptomul *indică*.)

Încheiem aceste pagini cu o incursiune de viitorologie. După M. Malița (matematician, diplomat și scriitor), rezultatele cercetărilor științifice vor fi transmise în deceniile următoare, din ce în ce mai mult, „în limbaje convenționale, sărace în termeni, bogate în precizie, universal inteligibile". Limbajul metaforic, cu concepte fără delimitare strictă, dar posedînd armonie, inducînd asociații, provocînd ecouri și stări, va constitui *progresiv* (prin mijlocirea poeziei) o „compensație obligatorie a simplificării și formalizării limbajului științei". M. Malița susține că în anul 2000 informația se va scurge de preferință pe canalele imaginii și sunetului; ele vor absorbi majoritatea comunicărilor (inclusiv a celor de documentare), iar literaturii „îi vor reveni meniri funcționale *compensatorii*: ghid al reflecțiunii critice, resort mobil al gîndirii active și prietenă fidelă a meditației" [41].

PSIHANALIZĂ ȘI INFORMAȚIE

Ar fi utilă o reexaminare a tezelor de bază ale psihanalizei din punctul de vedere expus în lucrarea de față. După cum s-a remarcat cu diferite ocazii [42], S. Freud a încercat să edifice o *metapsihologie* influențat de gîndirea fiziologică *„energetistă"* a lui H. Helmholtz. El vorbește de o „energie psihică" capabilă de *investiții* diverse (punctul de vedere „economic") și la a cărei *descărcare* se reduc diferitele manifestări pulsionale. Prin *libido* înțelege tocmai această energetică neuropsihică cu un mare grad de nespecificitate. Detensionarea — ca principiu al funcționării aparatelor

[41] *Ce se va scrie și ce se va citi în anul 2000*, în „Almanahul literar 1969", p. 235.

[42] Vezi în această privință V. Săhleanu. *Psihanaliza — pro și contra*, „Lupta de clasă", 1971, nr. 5.

psihice — are relații cu principiul al doilea al termodinamicii. Pe de altă parte, psihanaliza este și o doctrină a simbolurilor. Dacă prin latura sa energetică, Freud poate fi privit ca un reprezentant al *naturalismului* (și biologismului) în psihologie, prin doctrina sa a simbolurilor, el accentuează — poate fără să fie întotdeauna conștient de aceasta — asupra unui aspect *esențialmente uman*. (Este greu să credem că animalele au o gîndire simbolică). „Travaliul oniric" de simbolizare este o veritabilă recodificare cu intenția de *secretizare* (deghizare). (Simbolul oniric freudian ascunde și satisface, cel arhetipal semnifică și „atrage atenția".) Psihanaliza este un efort, în parte eșuat, de „a împăca" considerente energetice cu considerente informaționale, de a înțelege conexiunile dintre latura energetică și cea informațională a ființei umane. Lui S. Freud i-a lipsit (ceea ce lipsește, de altfel, și astăzi) o *fiziologie* a activității *simbolice* (care nu este doar o fiziologie a semnalizării semnalelor).

Și din perspectiva cibernetică, reexaminarea psihanalizei este utilă. Refularea este o variantă de autoreglare, un *feed-back* negativ extrem de specific (cum numai în autoagresiunea imunologică îl mai întîlnim); între autocontrol, adaptarea autoplastică și autoagresiunea psihică există forme de trecere.

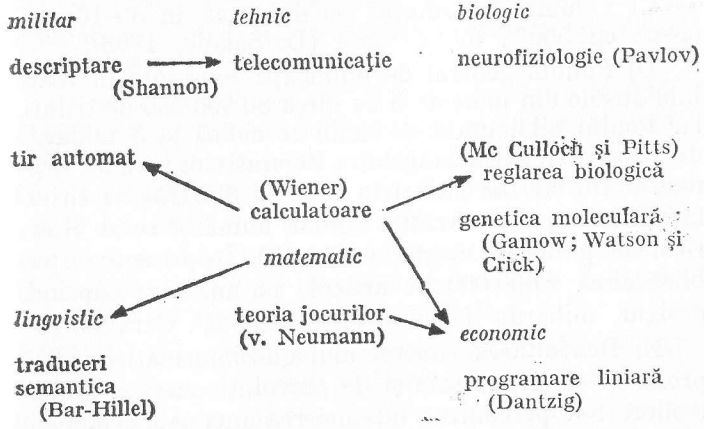
Punctul de vedere *dinamic* postulează „forțe" interioare în conflict, contradicții. Pe de altă parte, *ego*-ului (mai ales în interpretarea dată de Anna Freud, H. Hartmann, Fr. Alexander) i se atribuie funcții esențiale de homeostazie, de tactică și de optimizare. S. Arieti (1968) observă că nici inconștientul nu poate fi privit ca un sistem *închis*, deoarece în acest caz s-ar produce egalizarea tensiunilor, ca urmare a creșterii „entropiei".

Psihoterapia (și în primul rînd cea psihanalitică) a fost reexaminată din punctul de vedere al teoriei informației. Pacientul folosește vocabularul uzual cu semnificații proprii. Comunicarea *reprezentațională* nu se identifică cu cea *instrumentală* ... Terapeutul trebuie să extragă informație din „codurile deghizante" ale „procesului primar" (inconștient), să găsească bogăția

de informație a ceea ce a părut *nonsens* prin lipsa *redundanței*. Analiza unui vis folosind asocierile este folosirea redundanței pentru înțelegere. Interpretarea adaugă redundanță explicită [43].

INFLUENȚE ȘI SOLICITĂRI ÎN DEZVOLTAREA ȘTIINȚEI INFORMAȚIEI

Schema de mai jos sistematizează (imperfect) principalele canale prin care sectoare ale *practicii* și ale *teoriei* au contribuit la nașterea și la dezvoltarea științei (și filozofiei) informației, sau la stabilirea legăturilor acestora cu alte discipline :



DESPRE EVOLUȚIA UNIVERSULUI GNOSINFORMAȚIEI

A) Primul text care poate fi socotit carte se presupune a se fi produs la sfîrșitul mileniului IV î.e.n. Informația devine astfel independentă de memoria

[43] D. P. Spence. *The processing of meaning in psychotherrapy*, în „Behav. Science", 1968, vol. 13, p. 349—361.

umană și de contactul fizic, „transcende spațiul și timpul". Tăbliţele de lut asiro-babiloniene datînd din anul 1800 î.e.n. reprezintă cele mai vechi cărţi cunoscute. Biblioteca de la Ninive a regelui Assurbanipal avea 750 000 de tăbliţe (corespunzătoare la file). Bibliografia națională chineză, constituită în anul 100 î.e.n. a însumat pînă în secolul al XIV-lea e.n. 11 000 de volume.

B) Între 1445, cînd Gutenberg a tipărit la Maienţa *Biblia pauperum*, și 1500, epoca „incunabulelor" cuprinde 40 000 de titluri *conservate;* se apreciază că s-au produs de cinci ori mai mult. În ultimele cinci secole s-au tipărit peste 50 000 000 de titluri. Producţia mondială de cărţi anuale se cifrează acum la peste 400 000 de titluri și la 5 miliarde de exemplare (date citate după Adela Becleanu Iancu, 1968) [44].

C) Volumul informaţiei se dublează în 8—10 ani, creşte cu 500% într-o viaţă (D. Salade, 1968).

D) Fondul general de publicaţii existente în toate bibliotecile din lume ar fi de circa 80 000 000 de titluri, iar fondul bibliografic al lumii se ridică la 3 miliarde de titluri (H. Michelangelo). „Referativnîi jurnal" semnalase 107 890 de titluri în 1953 și 880 000 de titluri în 1966 (după H. Arntz). Anual, numărul total al articolelor publicate creşte cu 150 000. În prezent se publică circa 1 000 000 de articole pe an, care cuprind, desigur, miliarde de cunoştinţe utile (P. Caravia).

E) Dezvoltarea universului gnosinformaţiei ridică probleme de organizare și de „revoluţionare" a bibliotecilor. S-a preconizat întemeierea unei „epistemologii sociale" [45]. În absenţa unor soluţii satisfăcătoare, o parte tot mai mare din gnosinformaţie tinde să devină „criptoinformaţie".

[44] Cf. și M. Steenbeck. *L'invention de Gutenberg et le développement technique de l'écriture*, în „Le Monde Scientifique", 1968, nr. 3, p. 15—22.

[45] S. H. Shera. *Libraries and the organization of knowledge*, London, Cresby Lockwood, 1965; Val. Moldoveanu. *Biblioteca viitorului*, în „Probl. docum. inf.", 1967, vol. 1, nr. 10, p. 594—615.

A) „Completarea tehnicii energiei cu tehnica *semnalului* și a *informaţiei*, care s-a dezvoltat în deplinătatea ei abia în ultimele decenii și a cunoscut o expansiune impresionantă în tehnicile comunicaţiilor, automaticii și calculului, foloseşte cîmpul electromagnetic în principal ca purtător rapid de semnal și informaţie ... *Calculul electronic* are pentru viitorul tehnicii semnalului și a informaţiei o importanţă egală cu aceea a energeticii nucleare pentru viitorul tehnicii energiei ..." [46]

B) „Din clipa în care prima maşină rapidă de calcul a fost utilizată de om, omul nu este numai om, este un om care dispune de o astfel de maşină, este un om nou, este o fiinţă eliberată de o seamă de activităţi, pe care maşina le execută și în locul cărora puterea sa de a gîndi, de a elabora a crescut neașteptat de mult" [47].

C) Se apreciază că în S.U.A. existau, în 1970, 52 000 de calculatoare în funcţiune și 10 000 în fabricaţie. Aceste calculatoare necesită pregătirea a 470 000 de specialiști, cifră egală cu de două ori numărul actual de medici din această ţară. În Anglia, în 1974, vor fi montate 5 000 de ordinatoare, deservite de 20 000 de analiști, 38 000 de programatori, 23 000 de operatori, 7 000 de ingineri de întreţinere [48].

D) Se obișnuieşte a se socoti anul 1945 ca data naşterii primei generaţii de calculatoare „moderne". ENIAC-ul Universităţii din Pennsylvania cuprindea 18 000 de tuburi termionice, eliberînd circa 150 kW sub formă de căldură (J. P. Eckert și J. W. Mauchly). O aplicare mai riguroasă a logicii binare (la sugestia lui J. v. Neumann) a redus numărul tuburilor la 1/6

[46] R. Răduleţ, în *Almanahul civilizaţiei*, 1969, p. 120—121.

[47] T. Popovici. *Matematică, cibernetică, om*, în *Almanahul literar*, 1969, p. 229.

[48] G. Preda și I. Miheţ. *Automatizarea — o revoluţie în tehnică*, Bucureşti, Editura ştiinţifică, 1968, p. 13—14.

(tipurile Princeton, 1949—1950: „creiere gigantice", care efectuau operații de circa 1 000 de ori mai rapid decît creierul uman).

Pînă astăzi s-au succedat trei generații de calculatoare: a) echipate cu tuburi electronice; b) cu tranzistoare (1959—1960); c) cu circuite integrate miniaturizate [49]. În douăzeci de ani s-a redus masiv consumul energetic și volumul; viteza de lucru și memoria au crescut de 1 000 de ori, costul operațiilor a scăzut la 1/400, a crescut fiabilitatea. De la prima la a doua generație, viteza de lucru a crescut de 100 de ori. Evoluția de 20 de ani a *computerilor* a fost „echivalată" cu evoluția de 1 milion de ani a hominidelor (M. Beliș).

E) S-a remarcat că, avînd în vedere rata mare de transfer a informațiilor în mașină ($>6\,000$ b/sec., în comparație cu 10—30 b/sec. pentru mintea umană) și mai ales formidabila rată de storaj ($>10^6$ b/sec., în contrast cu <1 b/sec. pentru memorie), transferul de informație *stocată* de la un ordinator la altul ar fi o cale superioară de acumulare „culturală" a cunoștințelor celei ce se realizează de la om la om, în decursul generațiilor. Experiența individuală a unei vieți întregi (de maximum 10^9b) reprezintă o cantitate de informație care ar putea fi transmisă în 20 de minute, cu mijloacele tehnice existente, de la memoria unui ordinator la memoria altuia [50].

---

[49] Microelectronica face posibilă apariția unor calculatoare portabile. Unii autori consideră că „generația a doua" este definită prin folosirea limbajelor artificiale, iar „generația a treia" este alcătuită din ordinatoare *(computers)* caracterizate prin capacitatea de acomodare la diferite solicitări *(modularity)* (1965–1966). Cf. L. C. Payne. *Computer Technology*, în „Br. med. Bull.", 1968, vol. 24, nr. 3, p. 189 și urm.

[50] N. S. Sutherland. *Machines like men*, în „Sci. J.", 1968, vol. 4, nr. 10, p. 48.

UNELE CORESPONDENȚE ÎNTRE NOȚIUNI

Substanță	*Energie*	*Informație*
materie	mișcare	reflectare
conservare	conservare + degradare	pierdere, dar și cîștig
depozitare	acumulare	amplificare / copiere
extracție + purificare	detectare + filtrare	alegere / concentrare semantică / abstractizare
valoare masică	valoare negentropică	valoare semiotică
discontinuitate structurală microscopică	discontinuitate la schimb	evenimente
diluare / alterare	dispersare / interferență	distorsiune / zgomot
rezervă / abundență	randament	redundanță
combinare / restructurare	transformare	reprezentare / traducere
deplasare	propagare	copiere / imitare
însușiri interacționale de contact	însușiri (și) potențiale (și) la distanță	însușiri (și) virtuale
interacțiune nemijlocită	interacțiune și la distanță	semnalizare mediată
compoziție / compunere	alimentare + activare	declanșare / corectare
combinații	complexiuni	conexiuni
configurație morfologică	transformare	structură

Substanță	*Energie*	*Informație*
rezistență	labilitate	semnificație
plastică	energetică	cibernetică
mult	intens	specific
configurație, formă	cîmp	structură (în sens „structuralist")
ordine (geometrică)	tensiune	organizare
Inerție / echilibru mecanic	echilibru: termodinamic / fluent	stabilitate, homeostazie
obiectizare / corpusculizare	capacitate de lucru / cuantificare	mesaj / codificare
liniaritate	→	neliniaritate
economie: prin cruțare timp reversibil	prin randament timp ireversibil	prin reglare și strategie „depășirea" timpului: finalitate, programare / memorie / ereditate
mecanism / invarianți mecanici	entropie / invarianți fizici	negentropie / invarianți semantici
lanț cauzal	ciclu de transformări	circuit cu reacție

PROBLEME DE TERMINOLOGIE

Multitudinea de fațete ale acestui „al treilea aspect" al sistemelor materiale (alături de *substanță* și de *energie)* nu a putut fi cuprinsă de nici una dintre definițiile date informației, citate în lucrarea de față. Pe de altă parte, s-a simțit nevoia de a preciza — de obicei adjectival — varietăți ale informației, cum ar fi: informația structurală, comunicativă, semantică, pragmatică, reglatoare, liberă, legată etc.

Efortul de a dezantropomorfiza înțelesul general al conceptului de informație ne-a dus la folosirea largă a noțiunilor de semnal, semn, semnalizare, în contradistincție cu cele de știre *(Nachricht)*, cunoștință etc. În acest sector sînt utili și termenii „intermediari" de comandă, comunicare, instrucție, ordin, limbaj, mesaj. P. Caravia a introdus noțiunea de *gnosinformație* pentru informațiile „care ne încunoștințează asupra

valorilor spiritual-intelectuale existente" [51], care „aparțin omului (sînt conștientizabile) și apar în cadrul vieții sociale ca acte de comunicare interumane".

A. Moles menține *antropocentrismul.* Omul este situat într-un „sistem general de împrejurări" față de care tinde să se echilibreze și să-și conserve stabilitatea, prin schimburi permanente de informații cu exteriorul (autoreglare, autoinstruire). „Sistemul de împrejurări" este un ansamblu de stimuli. Informațiile au ca efect reducerea incertitudinii, imprevizibilității, creșterea gradului de organizare și de coerență, *adaptarea.*

O *fizică a informației* nu este o contradicție în termeni dacă o conectăm cu o teorie generală a ordinii și organizării. Fr. Bonsack a introdus termenii de *anatropie* (evoluție a dezordinii către ordine), de *catatropie* (evoluție a ordinii către dezordine) și de *entaxie* pentru negentropie (măsură a ordinii, *conținut* de ordine) [52]. Atunci taxiologia (Zapan) s-ar ocupa cu entaxia.

Am vorbit despre un „univers informațional": totalitatea aspectelor informaționale. La P. Caravia, totalitatea stimulilor și impulsurilor diferențiate legate de autoreglare și autoinstruire — ca și a informațiilor din sistemele artificiale ce le prelucrează — alcătuiesc un „univers distinct și dinamic". În „universul informațional" definit de noi se cuprinde, evident, universul *uman* al valorilor spirituale (teoretice și artistice) — noosfera (Theilhard de Chardin) sau logosfera (A. Moles). Atunci „universul gnosinformațiilor" este complementar celui al cunoștințelor, cuprinzînd cunoștința înregistrată, înmagazinată și conservată într-o memorie socială universală.

[51] Ele sînt cunoștințe ca și plăsmuiri (ficțiuni).

[52] Ultimul neologism este compus prin analogie cu *energia* (conținut de travaliu) și *entropia* (conținut de transformare). S-a propus cîndva și termenul de *ectropie,* pentru transformarea antientropică. Ne întrebăm atunci dacă pentru informația structurală nu ar fi convenabil neologismul de *enformație* (conținut de formă).

Din alt punct de vedere, universul informațional cuprinde „subuniversul" semiotic, intersectîndu-se cu cel simbolic, cu cel lingvistic etc.

Universul specific uman este de tip informațional: omul este emițător și receptor de semnale, operează cu semne, este creator și receptor de simboluri, actualizează informație structurală pe căi originale etc.[53].

[53] Pentru o completare bibliografică, a se vedea: V. Sähleanu. *Ontologia și metodologia „universului informațional"*, în „Revista de filozofie", 1971, vol. 18; H. Prat. *L'espace multidimensionnel*, Les Presses de l'Université, Montréal, 1971.

CUPRINS

Introducere 5

Partea întîi

ELABORAREA ȘTIINȚIFICĂ A CONCEPTULUI DE INFORMAȚIE

Informația statistică la R.A. Fisher 19
Măsura informației la R.V. Hartley 21
Informația la Cl. E. Shannon 23
Teoria informației semantice (Bar-Hillel) 33
Informație și specificare 39
Informație și complexitate 40
Informație și varietate 41
Relativitatea măsurilor informației 44
Conexiunea dintre probabilitate și informație 47
Teoria informației și termodinamica 49
Informație și negentropie (L. Brillouin) 53
Energia informațională (Onicescu) 57
Informație și ordine 59
Dualismul „materie-formă" (Bonsack) 62
Informație și organizare 64
Legătura informațională 66
Entropia generalizată 74
Despre situația semiotică 75
Redundanța și plusul de informație 77

Punctul de vedere ingineresc 79
Tot despre definirea informației 79
Cibernetica și informația 84
Cibernetică și conducere 87
Informația la Georg Klaus 89
Informația la P. Apostol 92
Informația la P. Neidhardt 93
Despre teoria jocurilor 94
Tot despre probabilitate 102
Observații asupra psihosociologiei teoriei informației 103

Partea a doua

APLICAȚII-PERSPECTIVE-SINTEZE

Secțiunea I

GENERALITĂȚI

Prolegomene pentru o știință a informației 111
Din problematica transmiterii informației 116
Despre informația structurală 121

Secțiunea a II-a

INFORMAȚIA ÎN BIOLOGIE

Triadă sau tetradă metodologică? 126
Viața, entropia termodinamică și informația 128
Informație și biofizică 131
Textul proteic 132
Informația genetică (și ereditară) 133
Informație structurală și imunitate 144
Bătrînețe și informație 146
„Cibernetica cuantică" a lui J. Polonsky 147
Perspectiva informațională în neurofiziologie 148
Poziția lui W. M. Elsasser 157
Concepția lui J. Korein 158
Perspectiva informațională în ecologie 159
Redundanța „generalizată" 162
Adaptarea și evoluția biologică 163

Secțiunea a III-a

TEORIE, METODOLOGIE, PRACTICĂ

Perspectiva informațională în psihologie 169
Medicina informațională 181
Informație și lingvistică 182
Pedagogia informațională 192
Teoria informației și estetica 196
Informația și arta militară 202
Ingineria informației 204
Valoarea informațională a unui experiment. Sugestii pentru metodologia cercetării 205
Informatica și automatizarea 209
Mașinile informaționale în cercetarea științifică 211
Perspective asupra mașinilor și asupra tehnicii 216
Filozofia istoriei și filozofia informației 221
Informația socială, economia și știința conducerii 225
Concepția lui K. W. Deutsch 227
Anticipări și „futurologie" 230

Secțiunea a IV-a

PROBLEME ȘI CONCEPȚII GENERALE

Concepția lui Cornel Simoi 232
Concepția lui A. Moles 234
Punctul de vedere al lui H. Laborit 238
Sinteza lui O.D. Duncan 238
Distincțiile lui P. Caravia 240
O ontologie sau o gnoseologie a semnalelor? 242
Punctul de vedere al „energeticii" 245
Caracteristici ale „universului informațional" 251
„Echivalențe" în „universul informațional" 258
Eroarea 261
Informație și timp 264

Partea a treia

INFORMAȚIE ȘI REFLECTARE

Introducere 271
Modele ale reflectării 273

Informația și evoluția reflectării 285
Evoluția reflectării după I. Cotăescu 286
Poziția lui I. Irimie 287
Poziția lui I. Moraru 292
Poziția lui A. Kreindler 294
Poziția lui Eli Katz 295
Concepția lui I.B. Novik 296
Concepția lui J. Zeman 298
Punctul de vedere al lui J. Piaget 301
Locul „automatelor intelectuale" în teoria și în evoluția reflectării 303
Concepția lui W. Ross Ashby 315
Spre o teorie generală a informației și a reflectării 318
Reflectare instructivă sau selectivă? 321
Despre imitație 325
Metateoria și „antropologia" informației 327

ANEXE

Despre probabilitate 337
Despre statistică 341
Informația la R. A. Fisher 344
Despre binarism 345
Entropia termodinamică 347
Despre ireversibilitate 350
Elementele circuitelor de reglaj 351
Entropiile lui Shannon 353
Informația și fizica modernă 355
Tot despre semnificație 357
Psihanaliză și informație 359
Influențe și solicitări în dezvoltarea științei informației .. 361
Despre evoluția universului gnosinformației 361
Despre evoluția mașinilor informaționale 363
Unele corespondențe între noțiuni 365
Probleme de terminologie 366